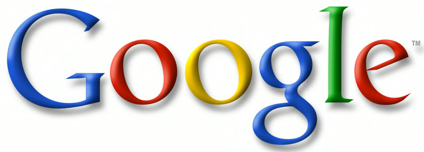
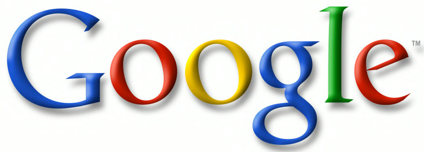
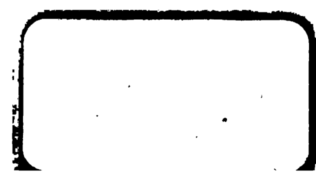
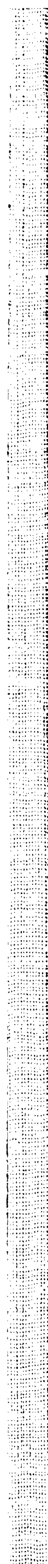












ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES

TÉLÉGRAPHIQUES

TROISIÈME SÉRIE

TOME XVII

Année 1890

PARIS

V^{VE} CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, 49

1890

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1890 **Janvier-Février**

CONSTATATION

SUR LES

LIGNES SOUTERRAINES A GRANDE DISTANCE

EN TUYAUX DE BÉTON DE CIMENT

La région de Lyon comprend deux sections souterraines dont les fils ont été placés dans des conduites en béton de ciment : la première, de Grenoble à Gap, (100 kilomètres), contient deux câbles à trois conducteurs (2 M, 1 GG) recouverts d'enveloppes goudronnées ou tannées (nº de la nomenclature 83/8 *bis*) ; et la seconde, de Tarare à Roanne (40 kilomètres), compte trois câbles à trois conducteurs, dont deux du modèle précédent (83/8 *bis*) et un du modèle 83/8 (2 M, 1 G). Chacun de ces câbles renferme deux conducteurs de diamètre moyen et un gros pour les communications à plus longue distance.

C'est en vue d'éviter des transports onéreux sur ces portions de route éloignées des chemins de fer et les

difficultés de la traction des câbles dans des contours aussi tourmentés, que ces lignes ont été établies dans des conduites en ciment pendant l'année 1884; les tuyaux en ciment ayant été fabriqués sur les lieux mêmes des opérations.

Depuis cette date, ces lignes ont été soumises à de nombreuses détériorations provenant des actions de l'électricité atmosphérique pendant les orages, de sorte qu'il a fallu chaque année les reviser.

Au début, la réparation était relativement facile. Par le procédé de la boucle de Varley, je déterminais la position des défauts sur les sections de 500 mètres où ils étaient localisés. En supposant, par exemple, que le calcul ait indiqué la perte à 170 mètres d'une chambre, je faisais pratiquer une fouille à 175 mètres de cette chambre, de façon à ce que la perte fut comprise entre la fouille et la chambre la plus rapprochée, et je faisais tirer le câble de cette fouille sur une longueur de 10 mètres environ. Le défaut se trouvait donc au milieu de cette longueur. En sentant à la langue, avec leur pince mise sur le câble, le courant de perte, les surveillants percevaient nettement le point où ce courant était le plus fort et, en enlevant les filins en ce point ou à côté, le défaut apparaissait et était réparé; aussitôt après, le câble était enveloppé de ruban et réintroduit dans la conduite. Ce procédé a l'avantage de ne pas couper le fil et de ne donner lieu à des tractions que sur de très faibles longueurs; ce qui est très important dans les conduites en ciment où la guipure des fils est souvent brûlée par les eaux alcalines qui s'y trouvent.

Lorsque les fils contiennent plusieurs défauts dans la même section, l'essai de la boucle ne signifie plus rien, il indique cependant avec plus ou moins d'appro-

ximation la position moyenne des pertes; en faisant alors ouvrir un certain nombre de trous plus ou moins rapprochés suivant l'état de conservation des fils, et en tirant le câble d'une extrémité de la section successivement à chacune des fouilles ouvertes, je suis arrivé à essayer le câble par parties sans le couper. Il suffit de mettre en couronne la partie retirée à un trou quelconque, de la suspendre par un fil de gutta en ayant soin d'enlever les rubans aux extrémités de la couronne et de sécher les fils de gutta. En faisant isoler cette couronne et en la faisant mettre à terre, ensuite le galvanomètre installé à l'extrémité de la section indique s'il y a des défauts ou non dans la partie levée. La recherche locale se fait ensuite comme il a été expliqué précédemment : on laisse le courant sur le fil et le surveillant cherche, en prenant contact à la langue sur le câble, le point où le courant se fait sentir le plus fort. On est alors tout près du défaut; il suffit d'enlever la guipure du câble et de regarder. Quelquefois, au lieu de la langue, la main passée sur le câble révèle encore mieux la présence de la perte, la peau de la main des sous-agents étant à vif lorsqu'ils ont effectué quelques tractions de câble. C'est ainsi que dans une section de 500 mètres, sur la ligne de Tarare à Roanne, j'ai relevé 25 défauts sans couper une seule fois les conducteurs, et que j'ai réparé dans les mêmes conditions plusieurs autres sections contenant de 15 à 20 défauts sur la ligne de Grenoble à Gap en 1889. La réparation de toutes ces pertes était assez aisée lorsque, les premières années après la construction, les câbles enfouis dans la conduite en ciment étaient encore en assez bon état. Tel n'est pas le cas maintenant, dans la plus grande partie des sections ; dans beaucoup, il ne reste plus dans les tuyaux

que trois fils de gutta sans aucune enveloppe ou guipure. Les eaux qui parcourent continuellement, ou par intermittence, ces conduites, dissolvent les principes caustiques du ciment et brûlent l'enveloppe rubannée des fils qui ne forme plus qu'une bouillie sans consistance. Dans ces conditions tirer les fils pour les réparer est une opération absolument impossible. J'ai essayé, dans une section, de faire ouvrir des fouilles à 9 mètres de distance les unes des autres; les câbles ont été tirés individuellement avec toutes les précautions possibles, sans force pour ainsi dire; malgré cela, les conducteurs étaient criblés de pertes produites par le frottement des fils de gutta contre les tuyaux en ciment.

J'ai alors tourné la difficulté en déterminant avec précision la position des pertes et en faisant ouvrir le tuyau exactement au point calculé, de façon à pouvoir soulever légèrement le câble au-dessus du tuyau et à le réparer sans le déplacer dans le sens de sa longueur. Cette manière de procéder, qui m'a donné des résultats très satisfaisants lorsqu'il n'y a qu'un défaut sur chaque fil entre deux chambres consécutives, devient inapplicable lorsqu'il y a plusieurs défauts, ce qui arrive très fréquemment.

Quelle est la cause des détériorations constatées? Toutes les pertes constatées proviennent de fentes dans la gutta qui enveloppe les conducteurs. L'examen du conducteur en ces points montre que le cuivre est noirci et qu'il est généralement entamé; en le regardant de près, on voit qu'il y a eu fusion du métal et des globules de cuivre manquent. Sur la gutta dans le voisinage, il y a de la limaille de cuivre. L'existence de cette limaille qu'on ne rencontre jamais sur aucuns points du conducteur où il n'y a pas de défaut et qui, examinée

au microscope, présente la forme de globules, atteste que ces pertes sont dues à des décharges électriques de haute tension, suffisantes pour percer la gutta et fondre le cuivre. Très souvent, un ou plusieurs des sept brins du conducteur sont coupés, et il y a même eu des ruptures totales. En examinant la position des défauts relevés on constate qu'il y a un maximum de détérioration qui correspond évidemment au maximum d'action de l'influence, et que cette action se propage sur une assez faible longueur de chaque côté de ce centre de défauts. Les petits fils sont atteints très fréquemment, tandis que les gros fils (mod. G.), et surtout les plus gros (mod. GG), le sont rarement. La couche de gutta est, en effet, beaucoup plus forte sur ces derniers, ce qui leur permet de résister à des charges beaucoup plus considérables. Les figures 1, 2, 3, 4, représentent des exemples des détériorations relevées à diverses époques et en divers endroits.

Les renseignements personnels que j'ai recueillis au cours de mes opérations me permettent d'affirmer qu'il y a eu des orages électriques épouvantables à proximité des points gravement endommagés. Les habitants du pays, interrogés, m'ont donné des détails qui ne laissent aucun doute sur l'origine de ces perturbations. Il y a eu des éclairs et des coups de tonnerre très violents dans le voisinage de toutes les détériorations importantes de la ligne. Ainsi, sur la section de Tarare à Roanne, j'ai trouvé dans la traversée du village L'Hôpital plusieurs défauts à peu près au même point sur différents petits fils. Il paraît que, pendant l'été, la foudre était tombée sur un arbre situé à une huitaine de mètres de la ligne, avait détruit une croix de fer qui se trouvait à côté sur un socle en pierre, et était allée prendre

terre dans un ruisseau situé à 600 mètres environ de la ligne, en produisant un sillon lumineux qui avait traversé presque perpendiculairement la route et la

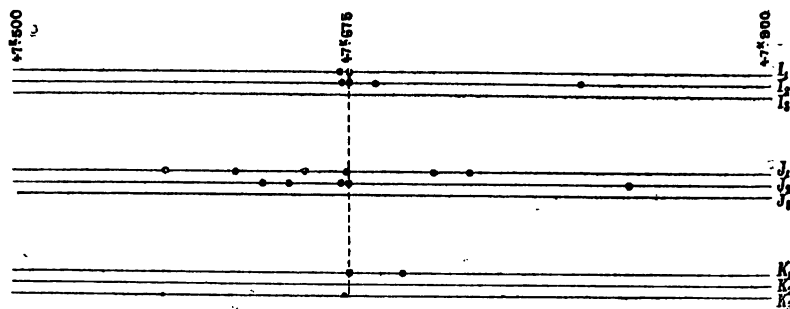


Fig. 1.

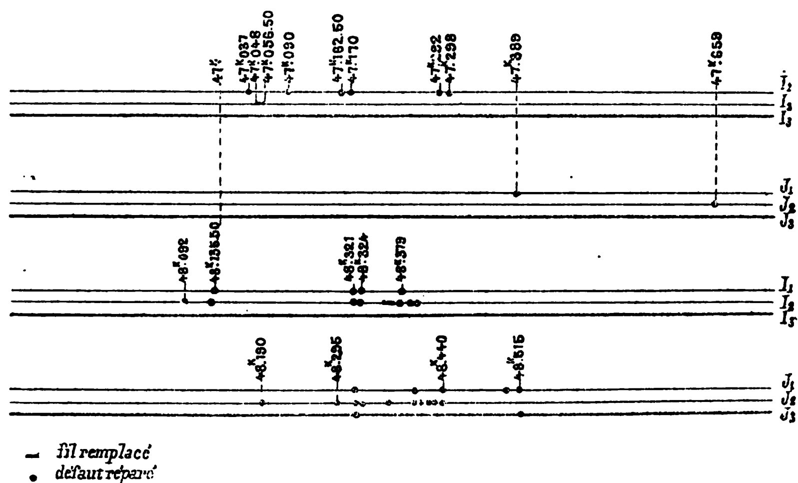


Fig. 2.

gare de L'Hôpital. Les défauts relevés étaient au point de croisement de l'éclair et de la ligne.

Il en est de même des pertes relevées en 1889, sur la ligne de Grenoble à Gap, et représentées par la figure

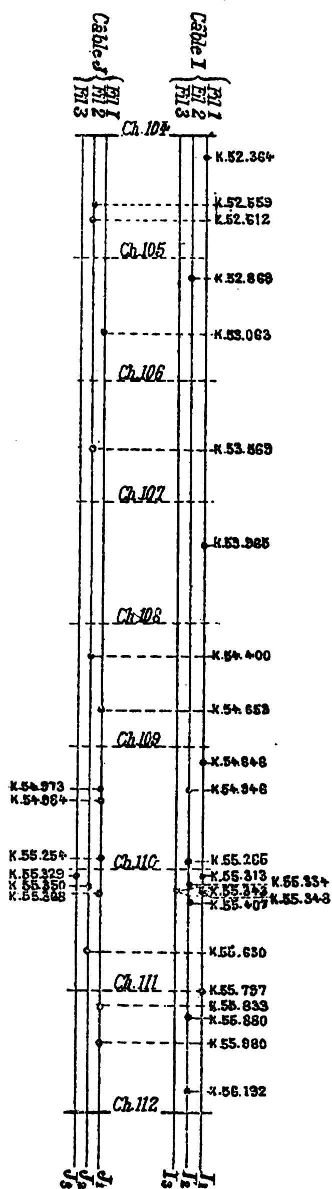

Câble J
Fil 1
Fil 2
Fil 3
Câble I
Fil 1
Fil 2
Fil 3
Ch.104
Ch.105
Ch.106
Ch.107
Ch.108
Ch.109
Ch.110
Ch.111
Ch.112
K.52.364
K.52.559
K.52.612
K.52.869
K.53.063
K.53.569
K.54.400
K.54.653
K.55.254
K.55.265
K.55.313
K.55.334
K.55.348
K.55.407
K.55.630
K.55.797
K.55.833
K.55.880
K.55.980
K.56.192
J_3 J_2 J_1 I_3 I_2 I_1

Fig. 3.

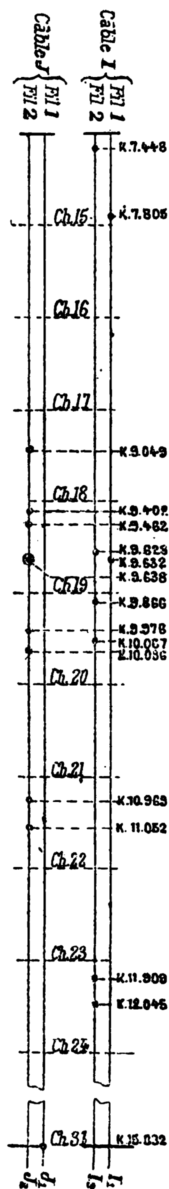

Câble J
Fil 1
Fil 2
Câble I
Fil 1
Fil 2
K.7.448
K.7.805
Ch.15
Ch.16
Ch.17
Ch.18
Ch.19
Ch.20
Ch.21
Ch.22
Ch.23
Ch.24
Ch.31
K.9.049
K.9.402
K.9.462
K.9.828
K.9.632
K.9.638
K.9.866
K.9.976
K.10.007
K.10.036
K.10.963
K.11.052
K.11.909
K.12.046
K.15.032
J_2 J_1 I_2 I_1

Fig. 4.

n° 4. Le point central des défauts sur le croquis, se trouvait à une distance d'environ quatre mètres d'un poteau télégraphique soutenant la ligne aérienne sur route de La Mure à Gap. Ce poteau avait été complètement brisé par la foudre et le service de l'Isère avait dû le remplacer bien avant notre arrivée sur les lieux.

J'ai eu aussi l'occasion de constater un choc direct, au Coteau, sur la ligne de Tarare à Roanne. En me basant sur la position des défauts, je fis ouvrir la tranchée au point central. Les résultats furent concluants. La foudre tombée sur un petit arbre qui se trouvait tout près, en produisant une écaille à sa partie inférieure, avait suivi une de ses racines puis était venue frapper la conduite, en cassant un joint et produisant une fente sur les tuyaux à mi-hauteur sur un mètre de longueur environ. Le passage de la foudre à travers le terrain, sur le côté de la conduite, était rendu visible par un petit sillon tracé dans la terre sablonneuse et dans lequel j'ai pu introduire une baguette jusqu'à une certaine profondeur. Sur tout le parcours de ce sillon les grains de sable étaient calcinés ; la conduite elle-même était noircie au point frappé, et le fil de fer noyé dans les plaquettes de ciment qui recouvraient les tuyaux n'existait plus qu'à l'état de poussière.

Mais c'est le seul cas de choc direct que j'ai aperçu. J'ai fait ouvrir d'autres fouilles, je n'ai jamais rencontré de phénomène semblable sur la conduite. Ces actions sont donc des actions d'influence produites par de violentes décharges atmosphériques dans le voisinage de la ligne télégraphique. Ces phénomènes ne se produisent ni dans les lignes en conduite de fonte, ni dans les câbles armés, l'armature ou la conduite métallique jouent le rôle d'écrans électriques et protègent les

conducteurs situés à l'intérieur. Rien de semblable n'existe avec la conduite en ciment.

Les actions, ainsi qu'il est facile de le constater, s'étendent sur une longueur assez faible, c'est-à-dire qu'un même orage ne détériore pas la ligne sur une grande étendue. Ainsi, quoique la section de Tarare à Roanne soit réunie, à Tarare et à Roanne, à des conduites en fonte (de Roanne à La Palisse, et de Tarare à Lyon) sans autre intermédiaire que des chambres, il n'a jamais été relevé un seul défaut de Roanne à La Palisse, et seulement quelques-uns (mauvais centrage) la première année après la construction, de Tarare à Lyon. Cependant il y a eu des coups de foudre très violents près de la jonction des deux systèmes de conduites à Roanne.

Enfin un grand nombre de pertes ont été également relevées dans les chambres elles-mêmes, sous les tubes en caoutchouc qui servent à distinguer, l'un de l'autre, les deux petits fils. Dans la plupart des cas il y avait un trou dans la gutta, mais dans d'autres je n'ai absolument rien vu, ni piqûre, ni fente, ni mauvais centrage, malgré l'examen minutieux auquel je me suis livré. Mais ce que j'ai constaté partout, sous ces marques en caoutchouc, lorsque celles-ci serrent assez la gutta de façon à l'empêcher de subir le contact de l'air ou de l'humidité, c'est que la gutta a complètement changé d'aspect ; elle a pris une teinte jaune clair et quelquefois est devenue pâteuse. Comme ces défauts se présentent surtout dans le voisinage des centres de détériorations, il est à supposer que la gutta, sous l'action du caoutchouc, perd ses propriétés isolantes ; les décharges résiduelles qui ne sont pas suffisantes pour percer la gutta du fil choisissent alors ces points où l'isolement est moindre.

Quel est le remède à cette situation ? On ne peut pas

songer à placer des câbles de même modèle dans les conduites en ciment; ce serait un nouvel aliment pour les causes destructrives. Du reste, le travail présenterait de sérieuses difficultés et nécessiterait des dépenses considérables. Par suite de la mauvaise confection d'un grand nombre de joints, de la mauvaise fermeture d'un grand nombre de tuyaux où le ciment a coulé à travers les interstices des plaquettes, les câbles se trouvent pris à chaque instant par des blocs de ciment dans la conduite. D'un autre côté, par suite des mêmes causes et du tassement des terrains qui se produit en maintes contrées, l'eau des sources et des canaux d'irrigation, en abondance dans certains parages, pénètre facilement dans les tuyaux, ce qui rend le travail presque impossible. En outre la gutta paraît s'altérer dans ces canalisations où la sécheresse succède à l'humidité, et *vice versa*. La gutta prend un aspect jaunâtre qui s'étend quelquefois jusqu'à une certaine épaisseur dans la gutta, et qui paraît provenir d'une transformation chimique produite sans doute par les eaux impures qui sont dans les tuyaux. C'est probablement pour cela que j'ai trouvé maintes fois dans le cours de la dernière révision, faite en 1889, des longueurs de fil qui avaient cet aspect et qui offraient une perte continue, ce qui m'a obligé à remplacer des morceaux de fil.

L'introduction de paratonnerres ne saurait en aucune façon résoudre la question. C'est au point où se produit l'influence que les fils sont percés et les paratonnerres n'empêcheront pas ces actions de se produire. Ils réduiront peut-être les détériorations, mais seulement dans de bien faibles proportions. A mon avis le seul moyen pratique pour résoudre la question serait de refaire les lignes dans un autre système, de les rem-

placer progressivement chaque année par des câbles armés, la conduite en fonte ne se prêtant pas aux mouvements du terrain qui se produisent dans beaucoup d'endroits, et aux courbes tourmentées que suivent les voies établies dans ces pays montagneux.

J. Gidel.

UNE NOUVELLE

MANIÈRE D'ENVISAGER L'INDUCTION TÉLÉPHONIQUE

Par M. John CARTY (*)

Un des faits les plus remarquables constaté lors de l'introduction du téléphone a été la présence de sons remarquables, entendus lorsque la ligne téléphonique avait une grande longueur. Quelquefois on croirait entendre le gazouillement de myriades d'oiseaux, d'autrefois c'est le bruissement des feuilles ou le coassement des grenouilles, ou encore le sifflet de la vapeur ou l'ébullition du liquide. La présence d'une aurore boréale provoque également de forts courants dans le téléphone.

A une certaine époque, en 1882, si je ne me trompe, sous l'influence des taches solaires et après l'apparition d'une comète, il y eut sur la ligne de Boston à Brockton un courant d'aurore boréale assez énergique pour faire fonctionner une toute petite lampe à arc que j'avais improvisée avec deux crayons de graphite et que j'avais reliée à la ligne. Quelques-unes de ces perturbations ont été plus ou moins bien expliquées par l'hypothèse de différences de potentiel aux deux extrémités de la ligne, par l'échauffement ou le refroidissement subit du fil et par le passage de courants

(*) Mémoire lu le 21 novembre 1889 devant l'*Electric Club*.

d'air ou de nuages électrisés. On a observé un fait très curieux la première fois qu'on a installé deux fils téléphoniques passant parallèlement sur les mêmes traverses et sur un parcours de quelques milles seulement; on a reconnu que, même avec un excellent isolement des fils, on entendait parfaitement sur l'un d'eux la conversation échangée sur l'autre. Cette perception des sons d'un fil sur l'autre s'appelle généralement *cross-talk* (conversation par traverse). Le nombre des fils téléphoniques étant devenu considérable, il devint nécessaire de les grouper en câbles et on a alors constaté qu'en plus du *cross-talk*, il se produisait un nouvel élément de dérangement, par suite de l'effet électro-statique du câble qui donnait à la voix un son indistinct et voilé. Cet inconvénient est si marqué que lorsqu'on fait usage de câbles, on atteint rapidement les limites dans lesquelles la conversation peut s'échanger.

L'étude des bruits étranges entendus dans le téléphone présente de l'intérêt; mais, dans ce mémoire, je me bornerai à m'occuper du *cross-talk* et des phénomènes qui se produisent lorsque les fils sont groupés par câbles. Dans le cas de *cross-talk* par induction dont j'ai parlé ci-dessus, où les deux fils téléphoniques sont tendus parallèlement sur la même traverse, on dit que ce fait est dû à l'induction dynamique ou au courant d'induction; c'est-à-dire que si un courant circule sur un des fils du nord au sud, il se produira immédiatement sur l'autre un courant induit en sens contraire, c'est-à-dire du sud au nord. Comme le courant téléphonique change constamment de direction et de force, cette explication semble plausible et c'est celle qu'on donne dans les livres.

C'est l'espèce d'induction dont il est question dans la loi de Lenz; elle s'applique aux bobines d'induction et aux fils parallèles lorsque le courant est suffisamment énergique; je la désignerai ci-après sous le nom d'induction électro-magnétique. Je vais décrire, ce soir, quelques expériences qui semblent prouver que l'induction entre les fils téléphoniques est due à une action électrostatique plutôt qu'à un effet électro-magnétique.

Je vais vous exposer d'abord un cas d'induction électrostatique entre deux fils téléphoniques présentant un point neutre au milieu du fil secondaire, point où il n'y a pas d'induction, tandis qu'on constate des effets d'induction très appréciables aux extrémités (*).

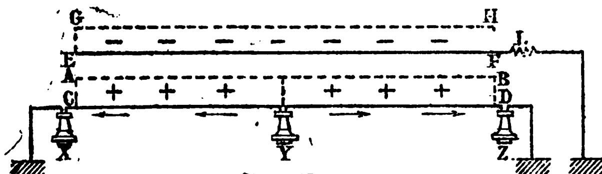


Fig. 1

La *fig.* 1, représente deux fils téléphoniques EF et CD, parallèles et bien isolés, ayant chacun 200 pieds de long et espacés de 1/8 de pouce. EF est isolé à une des extrémités et l'autre est reliée à la terre, à travers un transmetteur Blake L, monté comme d'habitude. En face de ce dernier, je place un diapason vibrant qui agit sur le transmetteur de la même manière que la

(*) En 1875, M. Preece, répétant, devant la Société des ingénieurs des télégraphes, une expérience de M. Culley, fit remarquer qu'il y avait un point neutre sur un certain fil télégraphique soumis à l'induction d'une autre ligne voisine. Je ne trouve cependant aucune allusion à ce fait dans l'ouvrage de M. Preece intitulé : *The Telephone*, et on semble avoir perdu de vue son application pratique à l'induction téléphonique.

voix et qui produit sur la ligne EF des émissions de même force que les courants transmis par la voix. Au milieu de la ligne CD se trouve le téléphone Y et aux points extrêmes les téléphones X et Z. Lorsque le diapason fonctionne en L, on entend des sons en X et en Z, mais on ne perçoit rien au téléphone Y du milieu. Nous trouvons l'explication de ce phénomène, en étudiant les variations de potentiel produites par le transmetteur sur le fil EF. On sait que le courant du téléphone est alternatif et que le potentiel de la ligne EF varie constamment et passe plusieurs fois par seconde du positif au négatif. Le fil EF étant ouvert en E devrait avoir le même potentiel sur toute sa longueur. Admettons qu'à un moment donné, le niveau du potentiel en F soit représenté par la ligne pointillée FH, dans ce cas le potentiel en E sera indiqué par la ligne pointillée EG, et la charge totale sur EF sera donnée par le rectangle EGHF et supposons qu'elle ait le signe (—). L'existence de cette charge sur EF présuppose la présence d'une charge de sens contraire sur CD, qui sera représentée par le rectangle ACDB.

Supposons, maintenant, que le potentiel sur EF devienne nul par suite du fonctionnement du transmetteur, toute la charge de EF passera à la terre par l'extrémité de ce fil qui est reliée au sol, tandis que la charge de CD a deux issues à la terre, une en C et l'autre en D. Il en résulte deux courants indiqués par les flèches, allant à la terre, l'un par le téléphone X et produisant un son dans cet appareil et l'autre par le téléphone Z où il produit également un son. Aucun courant ne passe par le téléphone Y qui reste silencieux. Mais la variation de potentiel de EF provoque

une série correspondante de courants, de sens contraire aux premiers, qui se rencontrent au centre mais ne donnent aucun son dans le téléphone Y installé, tandis que les appareils extrêmes sont influencés comme dans le premier cas. La ligne EF étant ouverte à une extrémité et ayant par suite une résistance infinie, il est clair que ce phénomène est purement électrostatique.

Dans cette expérience et dans les suivantes, je n'ai pas essayé de donner la forme exacte de la charge induite parce que cela compliquerait inutilement le sujet et n'affecterait en rien le résultat. En réalité la ligne pointillée AB devrait incliner du centre vers les extrémités.

Lorsque la ligne EF est à la terre par le fil et l'appareil ordinaire d'un abonné, l'effet est le même que lorsque la ligne est isolée et on trouve toujours un point neutre. C'est parce que le courant téléphonique, même passant par un circuit fermé, est si faible qu'il ne peut produire un champ magnétique de force suffisante pour affecter le fil voisin, ou que l'effet magnétique est si minime qu'il est annihilé par le passage de la charge statique.

Pour faciliter quelques-unes des expériences ci-après, j'ai représenté le fil perturbateur isolé à une de ses extrémités.

S'il ne passe pas de courant au point neutre, l'ouverture du fil à cet endroit n'aura aucun effet sur les téléphones placés aux extrémités. La *fig.* 3, représente ce fil perturbateur AB avec le transmetteur L disposé comme ci-dessus; K est un manipulateur installé au point neutre de CD. Lorsque le transmetteur L fonctionne, il ne se produit aucune modification des sons

perçus dans les téléphones X et Y, si on vient à lever ou à abaisser le manipulateur K. Si cette induction était électro-magnétique, l'ouverture de la ligne CD

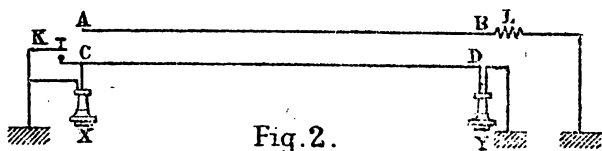


Fig. 2.

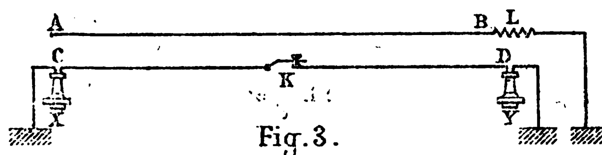


Fig. 3.

empêcherait le courant de passer sur une partie quelconque du circuit. La *fig.* 2 nous donne une autre preuve de la nature électrostatique de l'induction téléphonique. AB y représente le fil perturbateur ordinaire avec le transmetteur L. CD est le fil secondaire avec les téléphones X et Y disposés à ses extrémités comme dans l'expérience précédente. Au moyen du manipulateur K on peut intercaler le téléphone X dans le circuit ou l'en retirer. Lorsque le manipulateur est ouvert, on entend les sons ordinaires en X et en Y. Si le courant induit passant dans le circuit CD est dû à une induction électro-magnétique, lorsqu'on mettra le téléphone X en court circuit et par conséquent lorsqu'on réduira la résistance du circuit CD, l'intensité du courant induit devrait être plus grande et on devrait percevoir un son plus fort au téléphone Y. Or, il n'en est pas ainsi puisqu'au moment où l'on abaisse le manipulateur K, le son disparaît complètement en Y, au lieu d'être renforcé.

C'est parce que la charge du fil CD trouve une issue facile à la terre par le manipulateur et qu'il n'en passe par le téléphone Y qu'une fraction trop faible pour produire un effet perceptible.

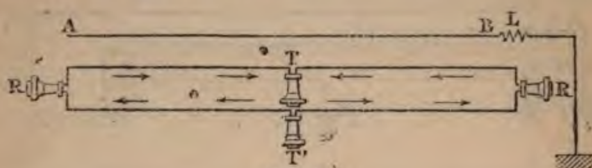


Fig.4.

La *fig.* 4, représente le fil perturbateur AB, disposé comme ci-dessus, mais le fil secondaire, au lieu d'avoir ses deux extrémités à la terre, a son circuit complété par un second fil placé en dehors du champ de AB. Cette disposition donne des points neutres en T et T′ tandis qu'on perçoit les perturbations ordinaires aux téléphones R et R′ placés aux extrémités. Dans ce cas, il se produit dans le circuit métallique un mouvement de la charge statique qui, à un moment donné fait partir de T′ une série de courants allant dans les deux sens, passant par les téléphones R et R′ et se rencontrant en T; un instant après, c'est l'inverse qui se produit.

Je vais maintenant montrer les effets de l'induction électro-magnétique et en même temps supprimer l'induction électrostatique.

La *fig.* 5 représente le fil perturbateur AB relié à la terre en A par un fil gros et court. Au lieu de placer le diapason devant le transmetteur L et d'agir sur ce dernier à travers l'air, de façon à produire des courants délicats ressemblant à ceux qui sont transmis par la voix, on relie le circuit primaire du transmetteur à un interrupteur automatique et à cinq éléments Leclanché,

ce qui produit sur la ligne AB des courants alternatifs très énergiques. Le fil secondaire comprenant les téléphones X, Y et Z est de la même longueur et se trouve

Fig. 5.

à la même distance du fil perturbateur que dans les expériences précédentes. Lorsque l'interrupteur fonctionne en L, on entend en X, Y et Z des sons musicaux très forts et de même ton dans les trois téléphones; dans ce cas, le point neutre a disparu. C'est un vrai cas d'induction électro-magnétique, parce qu'en mettant le téléphone Y en court circuit, il y a renforcement du son dans les autres téléphones et que si, en laissant Y en court circuit, on opère de même pour le téléphone X, il y a encore renforcement nouveau du son en Z. Cette dernière expérience fournit un contraste frappant avec le résultat obtenu à la *fig.* 2, où le court circuit du téléphone X supprime complètement le son dans le téléphone placé à l'autre extrémité de la ligne.

Nous trouvons une autre preuve qu'il y a bien là de l'induction électro-magnétique dans ce fait que si la ligne est ouverte en Y, il n'y a plus de son dans les téléphones. Si l'on ouvrait la ligne AB en A, le potentiel serait constant sur toute la ligne et la charge prise par AB serait représentée par le rectangle AGHD; mais si la ligne est reliée à la terre en A à travers une faible résistance, il y a évidemment une chute de potentiel le long de AB, mais la chute principale a

lieu dans la bobine secondaire du transmetteur L; la ligne BE, représentant la hauteur du potentiel à la borne de la bobine, tandis que l'effet électrostatique exercé sur la ligne AB serait figuré par le triangle AEB. Ce triangle, exagéré sur le diagramme, est encore beaucoup plus petit que le rectangle AGHD et explique l'absence d'induction électrostatique entre les fils, tandis que le courant puissant développé en L et la résistance relativement faible qu'il a à traverser expliquent parfaitement les effets électro-magnétiques observés.

J'ai fait un grand nombre d'expériences de laboratoire et d'observations sur des lignes téléphoniques réelles et j'en ai conclu formellement que l'induction électro-magnétique n'existe pas sur les lignes téléphoniques extérieures au téléphone et au transmetteur. Cette manière d'envisager la question appliquée à la théorie des déplacements des circuits métalliques et à l'action des fils dans les câbles, donne la seule explication satisfaisante des phénomènes observés.

Abordons maintenant la question importante ci-après : Peut-on éviter cette induction électrostatique? On peut dire tout d'abord qu'il y a moyen d'empêcher le *cross-talk* dû à l'induction électrostatique par une construction convenable des circuits métalliques. Il reste encore l'effet voilé dont j'ai parlé dans la première partie de ce mémoire. C'est ce qu'on appelle quelquefois le « ralentissement électrostatique » qui se produit chaque fois que deux conducteurs téléphoniques sont rapprochés l'un de l'autre sur un grand parcours. Lorsque les fils téléphoniques sont posés sur poteaux et sont espacés d'un pied ou plus, cette action est très faible, mais lorsqu'ils sont groupés en

câbles à raison d'un cent ou plus dans un tube de deux pouces, cet effet est très accentué. Il est curieux de remarquer néanmoins que, toutes choses égales d'ailleurs, la somme de perturbation dépend de la nature de l'isolant ou du diélectrique, mais est indépendante de sa résistance spécifique d'isolement; l'induction est plus faible lorsque c'est l'air qui forme l'isolant que lorsqu'on emploie une des substances utilisée dans la pratique. Le coton sec, le papier et la soie viennent après l'air, tandis qu'avec la gutta-percha ou un des composés caoutchoutés, l'induction est beaucoup plus forte. Cette propriété particulière d'un isolant, c'est-à-dire la facilité avec laquelle il permet à l'induction de se produire, s'appelle sa « capacité inductive spécifique ». Dans l'état actuel de l'art, le seul moyen de remédier au ralentissement électrostatique, après avoir choisi un isolant ou diélectrique ayant la capacité inductive spécifique la plus faible, consiste donc à augmenter la distance entre les conducteurs téléphoniques. Il est évident que cet écartement ne peut être grand dans les installations souterraines; dans toutes nos grandes villes ayant des lignes souterraines l'espacement des fils est de 0,125 de pouce.

La pose des fils sous terre dans les villes est l'unique obstacle qui s'oppose à un système universel de téléphonie et si on construisait des lignes aériennes directes, New-York et Chicago pourraient échanger immédiatement des conversations.

Pour installer des lignes téléphoniques souterraines et y conserver le même rendement que sur des lignes aériennes, il faudrait que chaque fil fût entouré d'un isolant de 2 pieds d'épaisseur et au lieu d'en loger

50 paires dans un tuyau de 3 pouces, comme on le fait aujourd'hui, il faudrait un tunnel occupant la moitié de la rue pour recevoir un seul câble. La question paraît presque sans issue, lorsqu'on songe qu'un bureau téléphonique, de dimensions même moyennes, exigerait environ une centaine de ces câbles gigantesques.

Beaucoup d'ingénieurs pensent que cette difficulté est inhérente au problème et que le seul moyen de supprimer l'action électrostatique consiste à écarter les fils, ainsi que je l'ai déjà dit.

Les recherches récentes, faites par Hertz et d'autres, et tendant à mieux nous initier à la connaissance de la nature de l'électricité, me font espérer qu'on trouvera un autre moyen de vaincre la difficulté. Vous connaissez sans doute tous, ces célèbres expériences où l'on a produit plusieurs millions d'ondulations électriques par seconde et, bien qu'elles aient été transmises sur un conducteur avec la vitesse de la lumière, elles se sont succédé avec une telle rapidité qu'elles ont produit des nœuds dont la position déterminait la longueur des ondes. Ces ondes ont été produites de diverses manières et ensuite réfractées, concentrées et réfléchies au moyen de grands prismes d'asphalte et de miroirs métalliques. On a constaté qu'elles suivaient les mêmes lois que les ondes lumineuses.

Je pense qu'il faut déduire de ces expériences que notre fil perturbateur AB émet latéralement des ondes de grande longueur qui, en heurtant le fil adjacent CD, produisent les divers effets d'induction observés.

Si, ces ondes avaient pu être détournées et si on avait pu, par un moyen quelconque, les empêcher de heurter le fil CD, il n'y aurait eu aucune perturbation sur ce

conducteur. Nous savons que si ces ondes étaient de même longueur que des ondes lumineuses, cette action aurait pu être prévue par l'interposition d'une lentille de verre de forme convenable ou par un miroir et que si elles avaient la même longueur que celles dont on s'est servi dans les expériences de Hertz, on serait arrivé au même résultat avec une lentille d'asphalte ou avec un miroir métallique. Quoique les ondes téléphoniques aient une très grande longueur, il semble possible qu'en interposant un diélectrique ou une combinaison de diélectriques de forme convenable, on pourrait produire une interférence ou une réfraction qui donnerait le résultat cherché.

Ce problème électrostatique est très important et c'est celui qu'on a le moins étudié depuis un an ou deux, c'est pourquoi nous ne comprenons pas les nombreuses questions qui se présentent à nous et je crois que celui qui en trouvera la solution en retirera plus d'avantage que n'en a eu l'inventeur du téléphone même.

(*Telegraphic Journal and Electrical Review*, 6 décembre 1889.)

L'OZOKÉRITE

Depuis quelques années ce minéral particulier occupe une place très importante par son utile application à l'amélioration et à la conservation des conducteurs isolés. Étant lui-même un isolateur de haute qualité, il se prête facilement, par sa similitude avec la cire, à une combinaison avec d'autres isolateurs ou avec des tissus.

Jusqu'à présent il n'a pas été trouvé par quantités considérables, sauf en Galicie et en Moldavie, ou en Autriche, d'où nous avons reçu nos approvisionnements; mais, dernièrement, on en a découvert quelques mines importantes dans l'Utah, États-Unis, que l'on exploite actuellement avec un très grand succès. Les fournitures que, jusqu'ici, on n'obtenait que de l'Autriche seulement pourront maintenant, heureusement pour l'Amérique, nous être expédiées de ce dernier pays. C'est une heureuse coïncidence, car aux États-Unis on emploie de très grandes quantités d'ozokérite pour d'autres usages que l'électricité. Elle est utilisée dans les nombreux cas où la cire est nécessaire, et dans l'industrie de l'électricité on s'en sert à l'état pur ou en la combinant avec d'autres matières. Certains produits isolants bien connus ont pour base principale l'ozokérite.

Ce minéral, qui est avantageusement connu, est extrait de mines, mais, par suite de la négligence

apportée dans les opérations d'extraction, sa production a fait courir des dangers à la vie des travailleurs. Il en a été trouvé de petites quantités dans le Royaume-Uni, mais le commerce a tiré ses approvisionnements de l'Autriche. Les expéditions pour l'Angleterre ont été très fortes, car l'ozokérite a été largement employée par ce que l'on peut appeler l'industrie de la « cire », de même que l'industrie de l'électricité.

L'ozokérite, ou ozokérit, comme on l'écrit indifféremment, se compose d'environ 13,75 d'hydrogène et de 86,25 de carbone.

Elle fond à une température assez basse, mais légèrement au-dessus de la cire de paraffine, avec laquelle elle a une faible ressemblance sous de nombreux rapports. La nature de ce minéral varie quelque peu et sa qualité ou son degré de dureté subit des variations suivant les différentes méthodes adoptées pour le purifier et le raffiner. Ces degrés de dureté varient, au moment de la fusion, entre 140 degrés et 170 degrés environ, température où l'on a la plus belle qualité que l'on peut produire.

Le fait que l'ozokérite est une substance isolante a été connu bientôt après son introduction dans le commerce anglais, car nous trouvons, en nous référant aux archives des brevets (où l'on peut relever l'histoire de maints sujets), qu'un brevet a été pris le 31 décembre 1869, par Augustus Mathiessen, pour une « substance isolante destinée à recouvrir les fils conducteurs du télégraphe électrique et à l'usage des appareils de télégraphe électrique et des isolateurs. » Nous apprenons que cette invention consiste dans l'application de l'« ozokérite » ou « cire de terre ». « L'ozokérite peut

être employée à l'état naturel; ses résidus ou produits peuvent être mélangés avec la gutta-percha, le caoutchouc ou toutes autres substances isolantes, avec ou sans l'addition de matières fibreuses. »

Le 29 avril 1872, feu Henri Highton demanda un brevet (pour lequel on n'accorda qu'une protection provisoire) pour l'application aux fils de câbles conducteurs, recouverts de gutta-percha, de caoutchouc ou autres matières similaires, d'une solution de paraffine, *ozokérite*, ou gomme-laque, pour boucher les plus petits pores et améliorer l'isolement.

Le 27 mai 1875, MM. Field et Talling demandèrent et obtinrent un brevet, qui est intéressant, car il se rapporte au premier brevet de 1869. « La composition obtenue d'après la spécification 3778-1869, c'est-à-dire en mêlant l'ozokérite et la gutta-percha, ou des substances similaires, au moyen de la chaleur, ayant été trouvée cassante et par conséquent impropre à recouvrir les fils télégraphiques, la présente invention consiste à employer des dissolvants pour dissoudre l' « ozokérite » et les gommes élastiques ou à pétrir ces matières avec ou sans l'emploi de dissolvants. »

Le 25 novembre de la même année, feu M. W. T. Henley, prit un brevet pour certaines améliorations dans les conducteurs isolants. « L'amélioration de la méthode pour isoler le conducteur consiste à préparer dans l'ozokérite la paraffine ou autres hydro-carbures analogues, les conducteurs recouverts de caoutchouc, au lieu de les soumettre à une vapeur à haute pression. » « On se sert d'un double récipient, ou cylindre à enveloppe pour la vapeur, le récipient extérieur ou l'enveloppe étant seul chargé de vapeur; le récipient intérieur est chargé d'hydrocarbure chaud. » « D'après

une autre méthode, l'âme est soumise à l'effet de la vapeur à haute pression, séchée et traitée à l'ozokérite ou à la paraffine sous l'action de la chaleur et de la pression. » L'année suivante M. Henley prit un nouveau brevet pour faire passer les conducteurs isolés dans l'ozokérite. Des brevets furent pris par la suite par d'autres personnes, mais ils n'offrent aucun intérêt particulier.

Antérieurement à cette date et pendant de nombreuses années ultérieures, MM. Field et Talling, qui étaient les seuls importateurs d' « ozokérite » recherchèrent avec beaucoup d'habileté et de peine, et en faisant des sacrifices d'argent considérables, les diverses propriétés et particularités de cette matière; et ils réussirent à produire les différentes et très belles qualités d'ozokérite dont on se sert en électricité et ailleurs et qui sont généralement très connues. Nous mentionnerons toutefois qu'ils parvinrent à obtenir une composition de cette matière et de caoutchouc, qu'ils appelèrent « nigrite », qui a été employée pour isoler les fils de la même manière que la gutta-percha. Nous ignorons si ce fil a été beaucoup employé, mais il est certain qu'il a été expérimenté et qu'on l'a reconnu susceptible d'être manufacturé. Nous avons fait nous-mêmes quelques expériences avec ce genre de fil pendant une longue période de temps et nous avons trouvé qu'il résistait à de nombreuses épreuves sérieuses, car son état restait intact après un laps de temps de plusieurs années.

(*A suivre.*)

APPLICATION

DU

SYSTÈME ENREGISTREUR RICHARD FRÈRES

AUX APPAREILS DE MESURE ÉLECTRIQUE (*)

L'éclairage et les industries électriques ayant pris un développement considérable depuis que nous avons inventé notre système enregistreur, nous avons été sollicités de l'appliquer aux instruments de mesure. S'il est, en effet, un phénomène dont il est utile d'enregistrer la manifestation, c'est l'électricité. Nous avons donc rendu enregistreurs les différents types de galvanomètres en usage, et particulièrement le galvanomètre Deprez-d'Arsonval, les ampèremètres Deprez, dits *à arêtes de poisson*, les voltmètres et ampèremètres Javaux, les voltmètres Hummel, enfin les wattmètres ou électrodynamomètres. En étudiant ces applications, nous avons été conduits à rechercher un galvanomètre plus énergique et plus solide, et nous avons trouvé un système dans lequel nous n'employons pas d'aimant permanent et qui ne présente qu'extrêmement peu d'hystérésis.

Galvanomètre industriel système Richard frères. — Ce système consiste en un électro-aimant à deux bo-

(*) Communication de M. F.-M. Richard à la Société internationale des électriciens. (Séance du 6 novembre 1889.)

bines dont les noyaux, aimantés par le passage du courant dans le fil qui les entoure, agissent sur une double palette de fer doux montée sur un axe parallèle à celui des bobines.

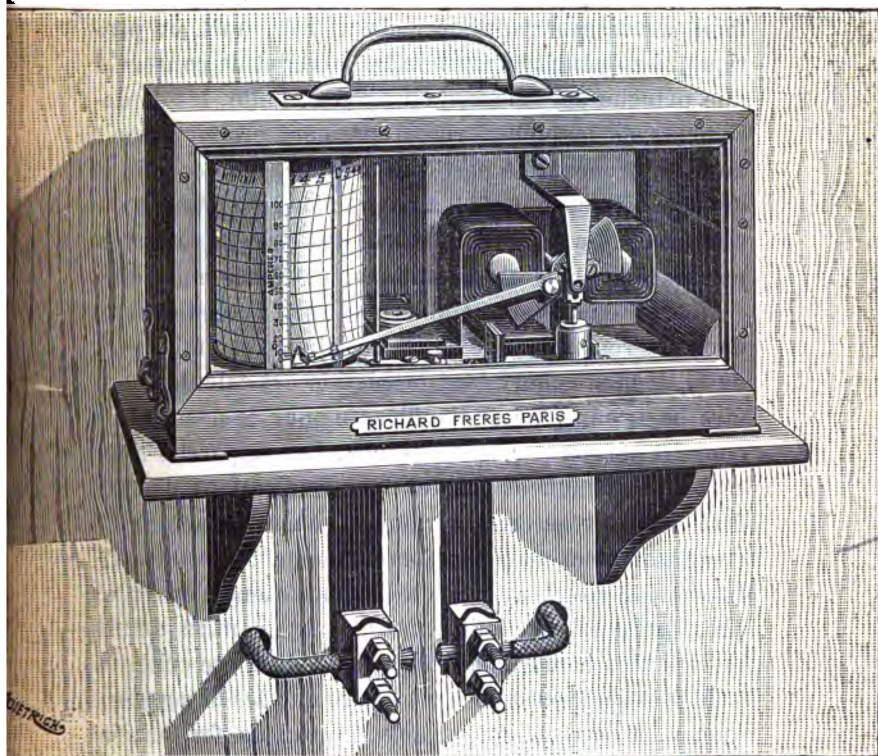


Fig. 1. — Ampèremètre enregistreur de 100 ampères.

Cette palette présente cette particularité qu'elle est cambrée, sa surface étant gauche et inclinée par rapport au plan passant par l'extrémité des noyaux; elle tend donc à tourner sous l'effet du raccourcissement des lignes de force magnétique. Les galvanomètres ainsi

construits ont une énergie motrice considérable. Ils peuvent de plus être réglés sur une division donnée d'avance. Il suffit pour cela de modifier la cambrure de l'armature. C'est là un avantage sérieux; car il est utile, pour la facilité des lectures, d'avoir des feuilles à diagrammes imprimées. Or il serait, en pratique, absolument impossible de graver et de conserver une planche par appareil en service. Enfin, les déplacements de la plume, rigoureusement proportionnels au courant mesuré à partir du premier cinquième de la division totale, sont, de 0 à ce premier cinquième, dans une proportion connue. Le calcul des aires de diagrammes devient dans ces conditions, extrêmement facile.

Nos voltmètres sont établis pour rester constamment dans le circuit. A cet effet, la résistance est faite avec du fil de maillechort dont la section est calculée pour être beaucoup plus que suffisante pour le passage du courant permis par la résistance. Les appareils ainsi établis ne chauffent pas, et leurs indications doivent être considérées comme rigoureusement exactes. Ils ne consomment pour leur fonctionnement que $0^{amp},07$. Leur mode de construction a l'inconvénient d'être plus cher, puisqu'il nécessite une grande quantité de fil, mais il met les instruments à l'abri de toute critique.

A première vue, on peut croire que les dimensions que nous avons données aux noyaux de fer doivent produire beaucoup d'hystérésis, mais il faut remarquer que nous avons une grande distance d'entrefer qui le détruit presque complètement. Nous employons, de plus, des fers doux recuits avec des soins tout particuliers.

Les grandes Sociétés électriques ont fait une large application de ces divers instruments dans leurs instal-

lations. Dans une station centrale, en effet, ils contrôlent non seulement le travail du personnel, mais encore ils avertissent du moment où la tension et l'intensité du courant compromettent la sécurité des appareils.

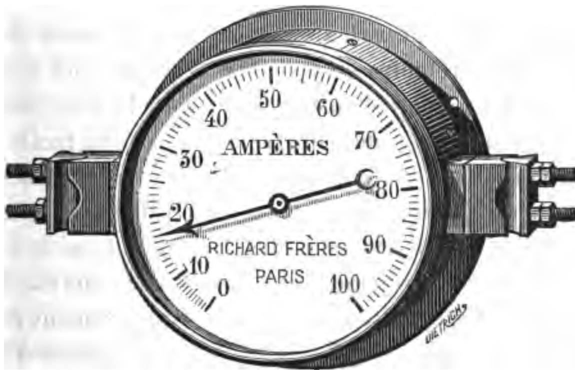


Fig. 2. — Galvanomètre industriel à grande marche.

L'ingénieur se trouve donc avoir entre les mains un témoin dont les indications lui donneront toujours l'état exact de la station à un instant quelconque, le contrôle de toute la période d'éclairage, le moment et la valeur de la production maximum et minimum, le fonctionnement des machines, la vigilance des employés, les causes d'accidents qui ont pu se produire et les moyens de dégager sa responsabilité.

Profitant de la grande énergie que possède ce système, nous construisons des voltmètres et des ampèremètres à cadran, dont les aiguilles parcourent un angle de 270 degrés, au lieu de ne se déplacer, comme dans tous les appareils similaires, que d'un angle de 90 degrés au plus.

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ.

Les galvanomètres enregistreurs dont nous venons de donner la description sont d'excellents compteurs, puisqu'il suffit de calculer l'aire du diagramme donné par un ampèremètre ou par un wattmètre pour obtenir le total des ampère-heures ou des watt-heures fournis. Le dépouillement des diagrammes, rendu facile par l'emploi de notre planimètre, a l'avantage de donner toute satisfaction aussi bien aux Compagnies électriques qu'aux consommateurs. Cependant, nous avons dû établir, pour répondre aux besoins des distributions urbaines, un compteur d'électricité proprement dit.

Compteur Richard frères. — Notre compteur d'électricité, qui présente cette qualité de fonctionner d'une façon continue au lieu de ne totaliser qu'à des intervalles de temps espacés, se compose d'un système électrique faisant tourner deux plateaux en fonction du temps, et d'un galvanomètre déplaçant une roulette proportionnellement au courant consommé par une canalisation.

Comme il est impossible de demander à un galvanomètre la force nécessaire au déplacement de la roulette, nous avons recours à un servo-moteur électrique actionné par le galvanomètre. Ce servo-moteur a dès lors la puissance nécessaire pour éloigner ou ramener constamment la roulette à la place correspondant à l'intensité du courant à totaliser.

La tige de la roulette fait tourner, au moyen d'une vis sans fin, une roue tangentielle proportionnellement au produit cherché, et un compteur à cadrans indique

le total soit des watt-heures, soit des ampère-heures suivant le galvanomètre employé.

L'appareil est construit de la manière suivante :

Un galvanomètre a son aiguille placée, avec un léger jeu, entre deux vis fixes formant contacts. Dès qu'un courant passe dans le galvanomètre, l'aiguille se déplace et vient toucher le contact de gauche, par exemple. Un circuit de dérivation se trouve ainsi fermé et actionne le servo-moteur, qui se met à tourner dans un certain sens. En tournant, il bande un ressort qui agit sur l'aiguille pour la ramener à sa position première, ce qui a lieu dès que la force du ressort fait équilibre à l'effort développé par le passage du courant dans le galvanomètre. L'aiguille quitte alors le contact sur lequel elle appuyait et se retrouve entre les vis fixes sans toucher à aucune.

En même temps que le servo-moteur a bandé le ressort, il a amené la roulette sur le rayon des plateaux d'intégration correspondant à la valeur du courant mesuré.

Lorsque le courant diminue, l'aiguille vient toucher la vis de droite, fait passer le courant de dérivation dans le servo-moteur, qui détend le ressort jusqu'à ce que l'aiguille se détache à nouveau de ce contact. La roulette, en même temps, a rétrogradé vers le centre.

On voit que le servo-moteur n'entre en fonction que lorsqu'il y a une *variation* dans la valeur du courant. Tant que celle-ci est constante, l'aiguille du galvanomètre ne touche aucun contact, le servo-moteur est au repos, la tension du ressort est la même, et la roulette reste à la distance du centre où elle a été amenée. Dès qu'il y a changement, l'aiguille butte sur l'un des contacts, le servo-moteur tourne soit à droite,

soit à gauche, le ressort est bandé ou débandé, et la roulette ramenée ou éloignée du centre des plateaux.

On fait commander la tension du ressort par le servo-moteur au moyen d'une came dont le profil permet de corriger les différences du galvanomètre. Cela est évidemment nécessaire, puisqu'il faut que les déplacements de la roulette soient proportionnels, quel que soit l'appareil de mesure employé. Celui-ci peut, d'ailleurs, être aussi délicat qu'on le veut, puisqu'on ne lui emprunte aucune force.

Ce système de déplacement de l'aiguille entre deux contacts électriques est une application du procédé que nous avons breveté en 1886, pour la transmission à distance des indications thermométriques ou autres.

Le galvanomètre à servo-moteur ayant une grande puissance, notre compteur peut non seulement fournir le total de la quantité consommée, mais encore être muni d'un style enregistreur, lequel écrit le diagramme de l'intensité du courant sur un cylindre qui tourne en fonction du temps. Le compteur enregistreur a donc l'avantage de donner non seulement la quantité consommée, mais la façon dont l'abonné a consommé cette quantité.

CONTRÔLEUR DE COURANT ÉLECTRIQUE.

Nous avons construit, à l'usage des fabricants de câbles électriques établis pour les distributions d'éclairage, un appareil qui permet de savoir si l'on fait passer dans un câble placé et vendu avec garantie une quantité de courant supérieure à celle pour laquelle il a été calculé. L'appareil indique en même temps le

temps pendant lequel on a fait passer ce courant. Il est construit au moyen d'un galvanomètre, qui déclenche mécaniquement, dès que l'intensité maximum est dépassée, un mouvement d'horlogerie. Celui-ci marche tant que l'intensité est trop grande; dès qu'elle revient aux limites voulues, le galvanomètre arrête l'horloge. L'appareil étant placé sur une canalisation et cadenassé, le fournisseur du câble a toujours un moyen de contrôle. Si une réclamation lui était faite, il lui suffit de visiter l'appareil, et les responsabilités peuvent être ainsi régulièrement réparties.

NOTE SUR L'INSTALLATION A LYON

DU POSTE TÉLÉPHONIQUE DE LA LIGNE INTERURBAINE

PARIS-LYON-MARSEILLE

Les croquis ci-joints représentent la disposition actuelle des communications à Lyon du poste téléphonique, depuis que les deux postes de Paris et de Marseille utilisent directement les deux fils de bronze pour les transmissions télégraphiques.

La première demi-heure de chaque heure étant réservée aux communications téléphoniques entre Paris et Marseille, et la deuxième aux relations de Lyon avec chacune des deux autres villes, il suffit d'un simple commutateur à quatre directions pour pouvoir mettre au moment voulu Paris et Marseille en direct, ou Lyon simultanément en correspondance avec Paris et Marseille. Un commutateur Baudot à quatre directions a été utilisé dans ce but.

T (*fig.* 1), représente un téléphone qui peut à volonté être embroché dans le circuit direct Paris-Marseille en enlevant la fiche de court circuit qui se trouve à côté. Il est utilisé par l'employé de service pour se rendre compte que les postes extrêmes ne se servent plus du circuit lorsqu'il doit le couper pour se mettre en relation avec eux.

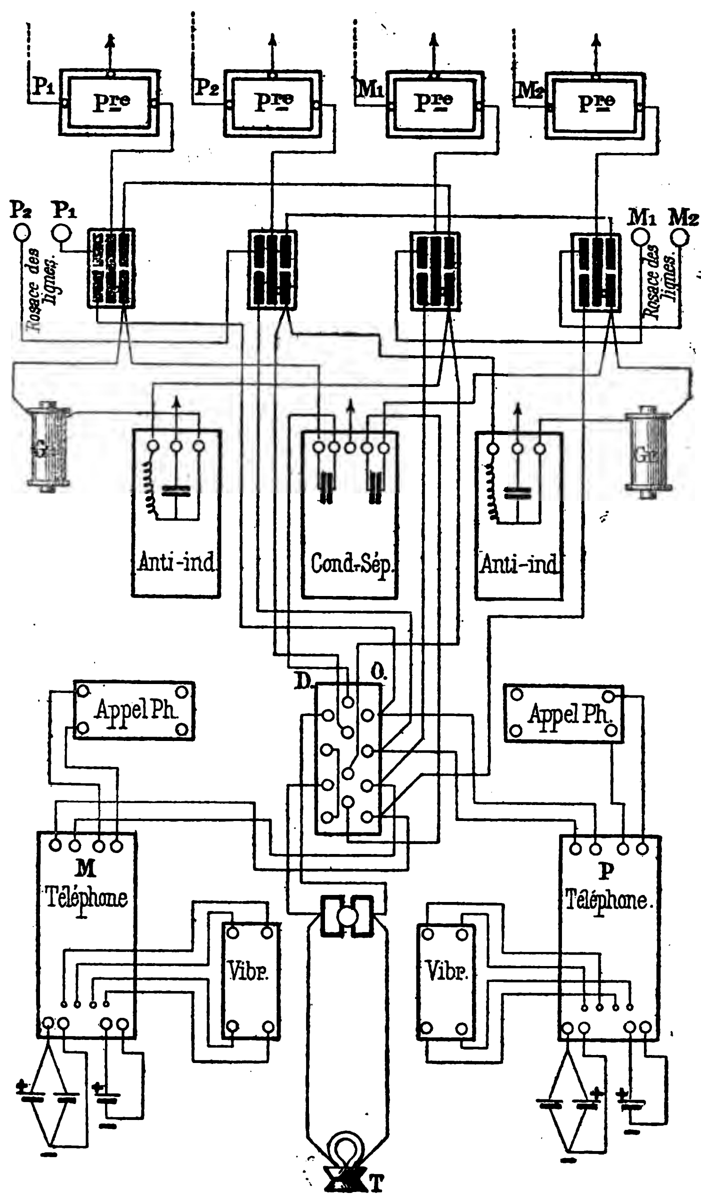

P1
Pre
P2
Pre
M1
Pre
M2
Pre
P2 P1
Rosace des lignes.
M1 M2
Rosace des lignes.
G
G
Anti-ind.
Cond.-Sép.
Anti-ind.
D.
O.
Appel Ph.
Appel Ph.
M
Téléphone
P
Téléphone.
Vibr.
Vibr.
T

Fig. 1.

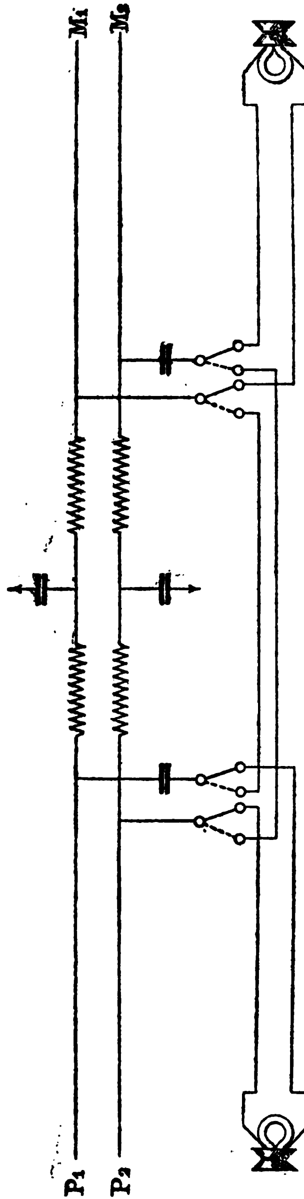


Fig. 2.

Les commutateurs placés sur les fils (*fig.* 2) à la suite des paratonnerres d'entrée de poste permettent par les 4 plots, soit de mener les fils à la rosace des conducteurs, soit de les mettre en communication métallique directe deux à deux, sans l'intermédiaire du graduateur et de l'anti-inducteur, soit de les faire parvenir directement aux appareils téléphoniques sans l'introduction du condensateur séparateur, soit enfin de donner la communication téléphonique normale.

Les résultats obtenus au point de vue téléphonique semblent très satisfaisants.

J. Gidel.

ÉTUDE COMPARATIVE

DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES

ET DES LIGNES ARTIFICIELLES

(SANS SELF-INDUCTION)

Les lignes artificielles, utilisées pour le réglage des installations en duplex, ont leur place marquée dans les laboratoires pour les essais d'appareils destinés à fonctionner sur les lignes télégraphiques, aussi bien que pour l'étude des phénomènes électriques qui se passent sur les lignes réelles. Il est intéressant de savoir à quel point l'assimilation des lignes artificielles aux lignes réelles est rigoureuse. Il suffit pour cela de comparer la forme du courant à l'arrivée dans les deux cas. Si l'on considère une ligne télégraphique réelle et que l'on néglige les phénomènes de self-induction, on sait que la valeur du courant i à l'arrivée, s'obtient en intégrant l'équation de Thomson :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \frac{CR}{l^2} \frac{\partial V}{\partial t},$$

où l désigne la longueur de la ligne. On en tire :

$$i = I\left[1 - 2\left(e^{-\frac{\pi^2 t}{CR}} - e^{-\frac{4\pi^2 t}{CR}} + e^{-\frac{9\pi^2 t}{CR}} - \dots\right)\right].$$

C et R désignant la capacité et la résistance totales de la ligne, $I = \frac{E}{R}$ l'intensité du courant dans le régime permanent. La forme du courant à l'arrivée est représentée, *fig.* 1 et *fig.* 2, par la courbe en trait plein,

tracée en portant les valeurs de $100\frac{t}{\mathrm{CR}}$ en abscisses et celles de $\frac{i}{\mathrm{I}}$ en ordonnées.

Sur une ligne artificielle la capacité est forcément répartie d'une façon discontinue.

M. Vaschy a calculé les valeurs de $\frac{i}{\mathrm{I}}$ en considérant des lignes artificielles de même capacité et de même résistance totales C*il*R. En supposant la capacité C représentée par n condensateurs de capacité $\frac{\mathrm{C}}{n}$ répartis uniformément le long de la ligne, de telle sorte que celle-ci soit divisée en $n+1$ sections de résistances égales à $\frac{\mathrm{R}}{n+1}$, M. Vaschy a trouvé (*) que le régime du courant i à l'arrivée était représenté par :

1° Pour $n = 1$ $$\frac{i}{\mathrm{I}} = 1 - e^{-\frac{4t}{\mathrm{CR}}},$$

2° $n = 2$ $$\frac{i}{\mathrm{I}} = 1 - \frac{3}{2}e^{-\frac{6t}{\mathrm{CR}}} + \frac{1}{2}e^{-\frac{18t}{\mathrm{CR}}};$$

3° $n = 3$ $$\frac{i}{\mathrm{I}} = 1 - \frac{2+\sqrt{2}}{2}e^{-12(2-\sqrt{2})\frac{t}{\mathrm{CR}}} + e^{-24\frac{t}{\mathrm{CR}}} - \frac{2-\sqrt{2}}{2}e^{-12(2+\sqrt{2})\frac{t}{\mathrm{CR}}};$$

4° $n = 4$ $$\frac{i}{\mathrm{I}} = 1 - \frac{5+\sqrt{5}}{4}e^{-10(3-\sqrt{5})\frac{t}{\mathrm{CR}}} + \frac{3+\sqrt{5}}{4}e^{-10(5-\sqrt{5})\frac{t}{\mathrm{CR}}} - \frac{5-\sqrt{5}}{4}e^{-10(3+\sqrt{5})\frac{t}{\mathrm{CR}}} + \frac{3-\sqrt{5}}{4}e^{-10(5+\sqrt{5})\frac{t}{\mathrm{CR}}},$$

5° $n = 5$ $$\frac{i}{\mathrm{I}} = 1 - \frac{2+\sqrt{3}}{2}e^{-30(2-\sqrt{3})\frac{t}{\mathrm{CR}}} + \frac{3}{2}e^{-30\frac{t}{\mathrm{CR}}} - e^{-60\frac{t}{\mathrm{CR}}} + \frac{1}{2}e^{-90\frac{t}{\mathrm{CR}}} - \frac{2-\sqrt{3}}{2}e^{-30(2+\sqrt{3})\frac{t}{\mathrm{CR}}},\ \text{etc.}$$

(*) Voir l'article de M. Vaschy (*Annales télégraphiques*, novembre-décembre 1889, p. 517).

Le tableau ci-après donne les valeurs de $\frac{i}{I}$ pour les cinq premiers cas : $n=1, n=2, n=3, n=4, n=5$. La dernière colonne est relative au cas de la ligne réelle, c'est-à-dire à $n=\infty$.

$\frac{t}{CR}$	LIGNE ARTIFICIELLE					LIGNE RÉELLE
	$n =$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$	$n = 5$	$n = \infty$
0,02	$\frac{i}{I}$ = 0,0769	$\frac{i}{I}$ = 0,0185	$\frac{i}{I}$ = 0,0065	$\frac{i}{I}$ = 0,0029	$\frac{i}{I}$ = 0,0015	$\frac{i}{I}$ = 0,0000
0,04	0,1479	0,0634	0,0373	0,0261	0,0203	0,0109
0,06	0,2134	0,1233	0,0922	0,0780	0,0707	0,0714
0,08	0,2739	0,1903	0,1627	0,1517	0,1457	0,1753
0,10	0.3297	0,2594	0,2406	0,2363	0,2370	0,2922
0,12	0,3812	0,3275	0,3196	0,3229	0,3291	0.4056
0,14	0,4288	0,3927	0,3957	0,4060	0,4167	0,5057
0,16	0,4727	0,4537	0,4667	0,4827	0,4966	0,5913
0,18	0.5133	0,5102	0,5315	0,5516	0,5677	0,6632
0,20	0,5507	0,5619	0,5897	0,6126	0,6297	0,7229
0,24	0,6171	0,6513	0,6872	0,7125	0,7301	0,8129
0,28	0,6737	0,7237	0,7627	0,7875	0,8038	0,8739
0,32	0,7220	0,7817	0,8204	0,8432	0,8576	0,9150
0,36	0,7631	0,8278	0,8643	0,8844	0,8967	0,9427
0,40	0,7981	0,8643	0.8975	0,9148	0,9251	0,9614
0,50	0,8647	0,9254	0,9492	0,9603	0,9665	0,9856
0,60	0,9093	0.9590	0,9749	0,9815	0,9850	0,9946
0,80	0,9592	0,9877	0,9938	0,9960	0,9970	0,9993
1,00	0,9817	0,9963	0,9985	0,9991	0,9994	0,9999
∞	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Les *fig.* 1 et 2 représentent les courbes correspondant aux cinq valeurs de n, ainsi que celle qui est relative à la ligne réelle, c'est-à-dire à $n=\infty$.

L'examen de la courbe tracée en pointillé (*fig.* 1) et qui correspond au cas où la capacité C est mise en dérivation au milieu de la ligne, montre qu'au point de vue de la forme du courant à l'arrivée cette disposition est insuffisante et donne des résultats très différents de ceux qu'on aurait sur une ligne réelle. Cette courbe bien connue ($y=1-e^{-x}$) part de l'origine, en faisant un certain angle avec l'axe horizontal, se

rapproche de l'asymptote $\frac{i}{I}=1$ en tournant toujours

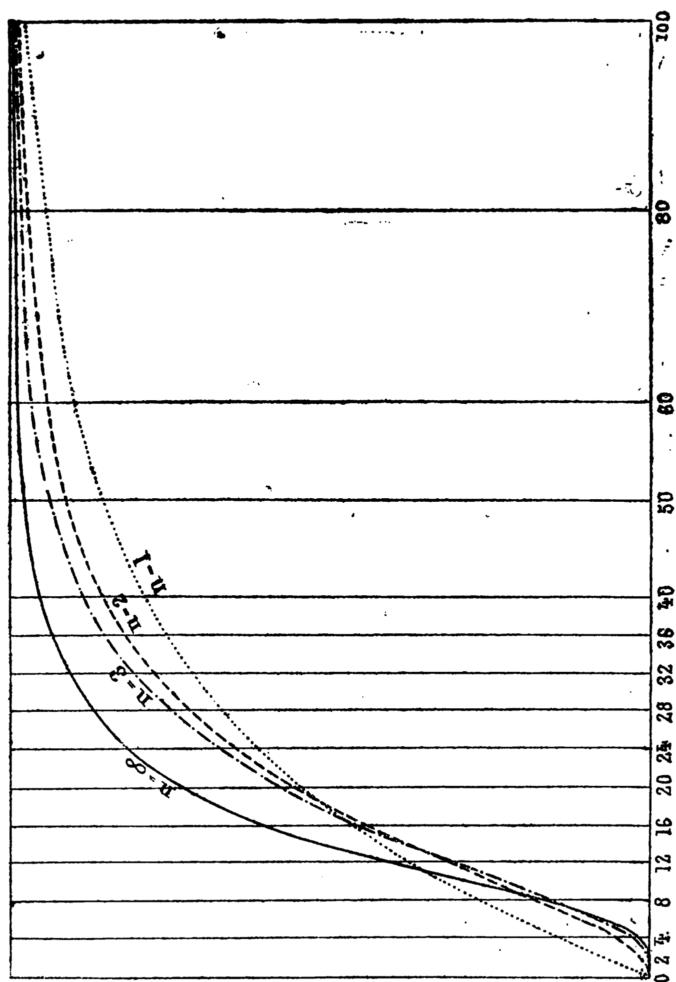


Fig. 1.

sa concavité vers l'axe des x, et l'inflexion qu'on

constate dans la courbe $n = \infty$ n'y existe absolument pas.

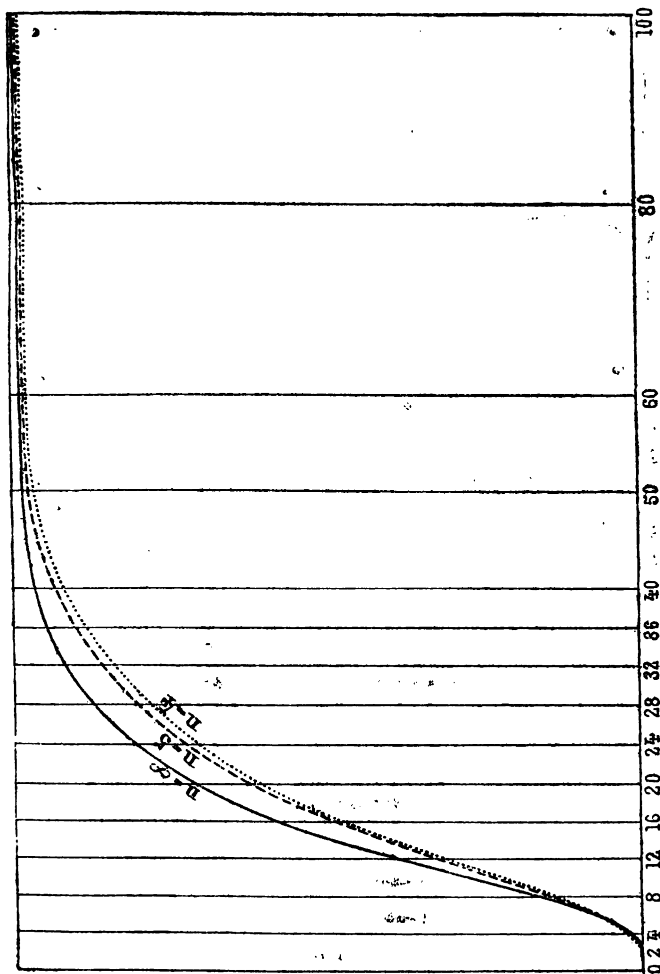


Fig. 2.

La courbe $n = 2$, quoique tangente à l'axe horizontal

à l'origine, a un caractère très peu différent de celui de la précédente.

La *fig.* 2 indique clairement que la courbe $n=3$ présente les mêmes propriétés que la courbe $n=\infty$, tout en s'en écartant encore beaucoup. Les deux dernières, correspondant à $n=4$ et $n=5$, s'en rapprochent davantage.

En résumé, on peut tirer de l'examen des *fig.* 1 et 2, les conclusions suivantes : Dans l'usage d'une ligne artificielle, la disposition qui consisterait à placer la capacité C tout entière, en dérivation au milieu de la ligne, serait tout à fait insuffisante ; l'assimilation de la ligne factice à la ligne réelle serait également imparfaite dans le cas où la première de ces lignes serait partagée en trois sections de résistances égales à $\frac{R}{3}$, la capacité $\frac{C}{2}$ étant mise en dérivation aux deux points de séparation de ces résistances. Il n'est d'ailleurs pas nécessaire de pousser la division de la ligne artificielle au delà de 6 sections de résistances égales à $\frac{R}{6}$ avec 5 condensateurs de capacité égales à $\frac{C}{5}$ disposés en dérivation aux points de division. La forme du courant à l'arrivée dans ce dernier cas est suffisamment comparable à celle du courant passant à travers une ligne réelle.

A. Baille.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

APPLICATIONS DE LA TRANSMISSION AUTOMATIQUE
A L'APPAREIL HUGHES

II. SYSTÈME DE M. NAULT.

Dans le système de M. Nault, un perforateur d'un système assez simple marque sur la bande de papier des empreintes qui sont distantes les unes des autres d'une longueur proportionnelle à l'arc de cercle qui sur la roue des types sépare les lettres correspondantes. La bande ne se déroule que quand elle doit être perforée et la même longueur correspond uniformément à un tour complet de l'appareil.

La bande ainsi perforée est transmise automatiquement par un appareil qui la fait avancer d'une vitesse uniforme et provoque sur la ligne autant d'émissions de courant que la bande porte d'empreintes.

Le récepteur est un perforateur absolument semblable à celui du départ. Il entraîne la bande de réception avec une vitesse uniforme et les courants qui traversent l'électro-aimant de l'appareil mettent en jeu les organes de perforation. On obtient ainsi une bande qui est une reproduction de la bande de départ. La vitesse du mouvement du perforateur récepteur peut ne pas être égale à celle du transmetteur. Mais du moment qu'il y a uniformité dans les deux mouvements, il existe un

rapport constant entre chacune des longueurs entraînées dans des temps égaux soit au poste de départ, soit au poste d'arrivée.

Il s'agit alors de traduire la bande de réception en caractères typographiques et ce résultat est obtenu en local à l'aide d'un appareil Hughes muni d'un organe spécial appelé *compensateur de vitesse*. La nécessité de cet organe est facile à comprendre. Il faut, en effet, pour une bonne impression, que la bande de réception avance de façon que chaque empreinte correspondant à une lettre déterminée produise une émission de courant exactement au moment où cette lettre occupe sur la roue des types la position d'impression. Pendant chaque tour de la roue des types il faut que l'organe compensateur entraîne une longueur de bande égale à celle qui a été entraînée préalablement par le perforateur récepteur pendant chacun des tours du transmetteur correspondant. Le compensateur est d'abord réglé approximativement. Il corrige ensuite de lui-même les faibles écarts qui peuvent se produire et permet d'obtenir la coïncidence absolue dont nous venons de parler.

M. Nault exposait au Pavillon de l'administration des postes et des télégraphes à l'Exposition les deux organes fondamentaux de son système, le Perforateur et le Compensateur de vitesse.

Nous allons donner de l'un et de l'autre une description sommaire.

Perforateur.

Le perforateur se compose d'un clavier de vingt-huit touches semblables aux touches de l'appareil Hughes. Chacune de ces touches commande un goujon. Au-dessus de la boîte aux goujons se trouve un chariot commandé

par un axe vertical qui, contrairement à ce qui se passe dans l'appareil Hughes n'est pas solidaire, en temps normal, du mouvement d'horlogerie de l'appareil.

La première fonction que produit l'abaissement d'une touche, c'est précisément d'embrayer l'axe du chariot avec le mouvement d'horlogerie et de lui faire opérer un tour complet.

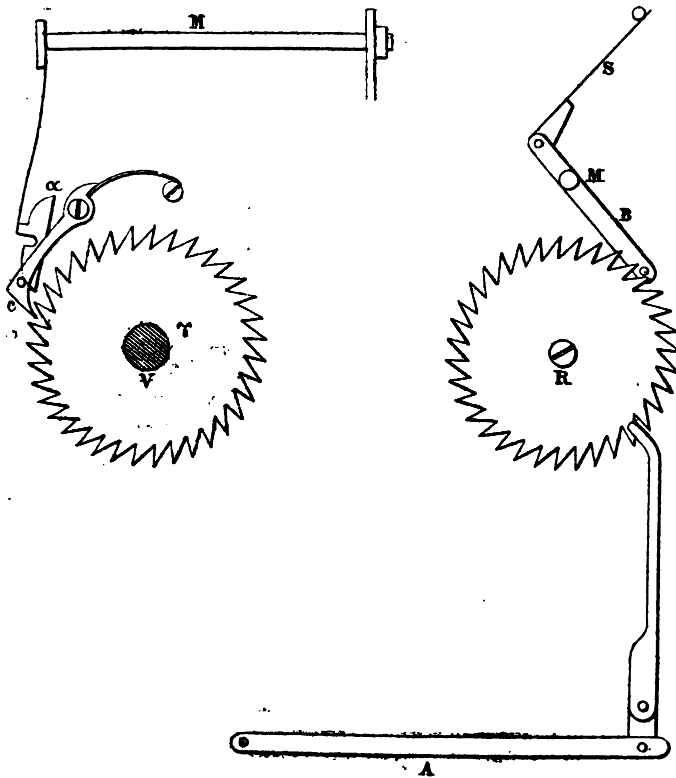


Fig. 1.

Ce résultat est obtenu à l'aide du levier A qui est commandé par toutes les touches du perforateur (*fig.* 1).

En s'abaissant, il fait tourner d'un cran la roue verticale R dite rosace de détente. Celle-ci dans son mouvement soulève le levier B maintenu par le ressort antagoniste S et fait par suite tourner d'un certain angle l'axe horizontal M. Le mouvement de ce dernier axe abaisse la pièce *a* qui maintenait le cliquet *c* et lui rend la liberté. Le cliquet qui est solidaire de l'axe vertical V du chariot est embrayé avec le rochet horizontal *r* qui fait partie du mouvement d'horlogerie. Le chariot est par suite entraîné dans le mouvement. Quand la révolution est terminée, la pièce *a* qui a repris sa position écarte le cliquet et le chariot est arrêté dans la même position de repos que précédemment.

L'axe vertical du chariot porte d'ailleurs le rouleau d'entraînement du papier. A chaque révolution la bande de papier est entraînée de la même quantité et elle ne se déroule pas, tant que l'axe est au repos.

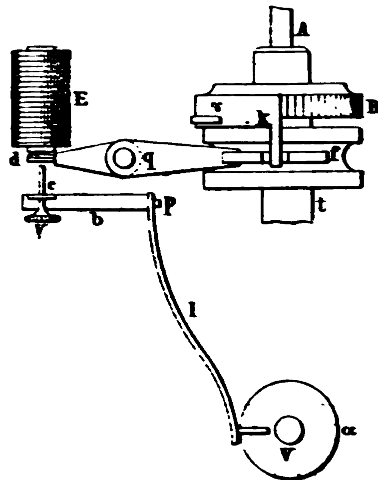


Fig. 2.

Pendant la révolution qu'accomplit le chariot, il rencontre les goujons soulevés. La rencontre du chariot et du goujon a pour effet de soulever le collier *a* qui entoure l'axe vertical V (*fig.* 2). Dans ce mouvement le collier soulève le levier *l* et fait tourner l'axe horizontal *b* autour du pivot *p*. Le levier vertical *c* solidaire de cet axe est projeté

en avant. La vis *v* dont il est muni frappe la pièce *d* qui tourne autour de l'axe *q* et provoque le déplacement d'une pièce *f* qui soutenait au-dessus de la roue R un cliquet *k*. Le cliquet *k* rendu libre et sollicité d'ailleurs par le ressort *r* est embrayé avec la roue R. Il accomplit une révolution avec la roue R entraînant dans son mouvement la partie antérieure de l'axe A qui porte la toupie de perforation *t*. A la fin de la révolution le cliquet rencontre la pièce *f* qui a repris sa position normale et est de nouveau soulevé. La vitesse de la roue R est à celle de l'axe vertical du chariot dans le rapport des vitesses de l'axe imprimeur et de l'axe de la roue des types d'un appareil Hughes ordinaire.

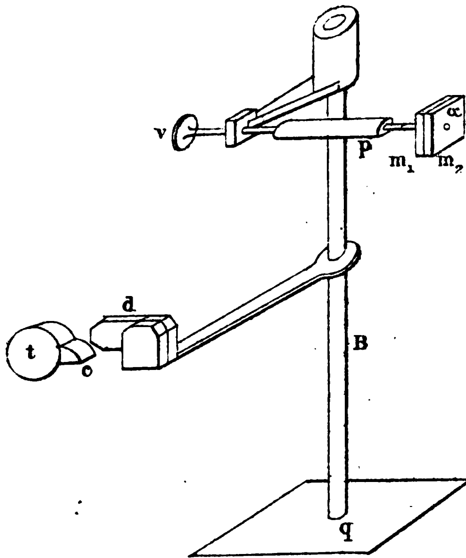


Fig. 3.

Le jeu de la toupie de perforation est indiqué par la *fig.* 3.

La toupie est munie d'une came *c* qui, pendant la révolution qu'elle accomplit, heurte la pièce en saillie *d* et fait par suite tourner l'axe B sur le pivot *q*. Dans ce mouvement la vis *v* frappe sur le perforateur *p* qui pénètre dans le trou *a* ménagé à cet effet dans les deux plaques m_1 m_2 entre lesquelles passe la bande de papier entraînée par l'axe vertical du chariot. Chaque rotation de la toupie correspond ainsi à une perforation du papier, et cette perforation se fait à un point bien déterminé de la bande d'après le goujon qui l'a produite par son soulèvement.

Nous avons dit que le perforateur servait de récepteur. Il est à cet effet muni d'un électro-aimant E que traversent les courants de ligne (*fig.* 2). L'armature de cet électro-aimant est solidaire de la pièce *d* qui agit sur la pièce *f* pour embrayer le cliquet *k* avec la roue R, ainsi que nous l'avons vu tout à l'heure. Chaque courant venant du poste correspondant produit donc sur les organes de perforation le même effet absolument que si, au poste même, le goujon correspondant était soulevé. On comprend, par suite, comment est obtenue la ressemblance complète des bandes de départ et d'arrivée.

Compensateur de vitesse.

Cet organe a pour but, ainsi que nous l'avons déjà dit, de régler le déroulement de la bande de façon à présenter à l'appareil traducteur pour chaque tour de la roue des types une longueur de bande égale à celle qui a été entraînée par le perforateur récepteur pendant chacun des tours de l'appareil transmetteur. Il doit avoir pour résultat de supprimer la recherche du synchronisme et d'écarter les chances de déraillement.

Voici en quoi il consiste :

L'axe de la roue des types A de l'appareil Hughes est prolongé en avant de l'appareil par l'axe B (*fig.* 4) qui porte quatre roues R, R_1, R_2, R_3.

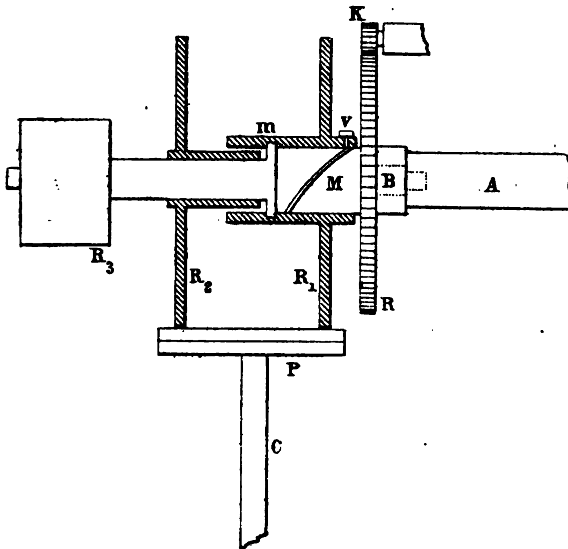


Fig. 4.

La roue extrême R_3 est la roue d'entraînement du papier. La bande perforée, pressée entre cette roue et un autre rouleau, passe ensuite entre deux contacts qui déterminent au passage de chaque trou perforé une émission de courant à travers l'électro-aimant de l'appareil Hughes et produisent par suite l'impression de la lettre correspondante. C'est donc la vitesse de cette roue R_3 qu'il y a lieu de régler et ce résultat est obtenu par le jeu des trois autres roues.

La roue R solidaire d'un manchon M à rainure hélicoïdale sur son pourtour peut tourner à frottement doux sur l'axe B. Elle participe normalement au mouvement

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS

(Extrait du Rapport présenté au Congrès international des chemins de fer par MM. E. SARTIAUX, chef du service télégraphique au chemin de fer du Nord, et L. WEISSENBRUCK, Ingénieur au ministère des chemins de fer, postes et télégraphes de Belgique.)

AVANT-PROPOS.

L'électricité offre sur les divers modes d'éclairage des trains en usage, les avantages suivants :

Les lampes auxquelles on donne le pouvoir éclairant désiré peuvent se placer en un point quelconque de chaque compartiment, et il est possible d'en obtenir une lumière d'une fixité absolue. On peut donc satisfaire d'une façon parfaite le besoin qu'ont les voyageurs de lire en chemin de fer, besoin qui se manifeste chaque jour plus vivement, surtout pour les longs parcours. C'est ainsi qu'en Angleterre un seul fabricant vend annuellement 60.000 lanternes de voyage.

Avec l'électricité, il n'existe plus aucune difficulté ni pour l'aérage ni pour l'allumage ; il n'y a plus aucun danger d'incendie ou d'explosion en cas de collision ou de déraillement. Ce dernier avantage est particulièrement appréciable en Amérique, où l'on fait surtout usage des lampes à l'huile minérale et où les accidents de chemins de fer ont été si souvent suivis de l'embrasement des wagons. Enfin, l'emploi d'accumulateurs électriques sur chaque voiture permet d'obtenir, auss

bien qu'avec tout autre système d'éclairage perfectionné, l'indépendance complète des véhicules (*).

Cet avantage peut être conservé tout en permettant au personnel du train, par la simple manœuvre d'un commutateur, de donner de la lumière soit à l'entrée des tunnels, soit à la tombée de la nuit. On conçoit que cette faculté soit extrêmement précieuse pour certains trains rapides à longs parcours, dont l'allumage des lampes ne peut se faire aujourd'hui qu'à la condition de leur imposer un stationnement, — d'où augmentation de la durée du trajet et, dans certains cas, diminution de la capacité des lignes, — et qui emportent parfois difficilement les approvisionnements d'huile ou de gaz nécessaires à un voyage complet.

Ces divers avantages ont appelé l'attention d'un certain nombre de Compagnies de chemins de fer. Elles ont dès l'origine entrepris de nombreux essais, dont ceux, antérieurs à 1887, ont été rapportés pour la plupart dans une note de l'Administration des chemins de fer de l'État belge, rédigée par M. Dery, et présentée à la dernière session du Congrès. Aucun de ces essais n'avait abouti à cette époque à l'adoption définitive de l'électricité, si ce n'est sur quelques trains de luxe en Angleterre ou en Amérique. Presque tous avaient démontré le prix élevé de l'éclairage électrique comparé aux autres systèmes les plus perfectionnés.

Depuis lors, les expériences ont été reprises et leur résultat, s'il n'est pas décisif, est du moins extrêmement

(*) Le Congrès a adopté en 1885 la conclusion suivante présentée par la 3e section :

« Il est désirable que dans l'éclairage et le chauffage des voitures les désidérata énoncés ci-après soient réalisés :

« ... Indépendance des voitures dans la mesure du possible, chaque véhicule portant les approvisionnements qui lui sont nécessaires. »

encourageant. De toute parts nous apprenons que de nouveaux essais sont commencés ou sur le point de l'être.

Le grand pas en avant fait dans ces derniers temps par la question qui nous occupe, provient surtout des progrès réalisés dans la construction des piles secondaires ou des accumulateurs.

Les accumulateurs paraissent en effet indispensables à l'éclairage électrique des trains. Il n'est pas impossible d'employer en même temps qu'eux une autre source d'électricité, telle qu'une machine dynamo électrique mue soit par l'essieu d'un véhicule, soit par un moteur à vapeur alimenté par la locomotive. Mais ils restent indispensables dans le double but de régulariser le débit du courant électrique et d'assurer la continuité de l'éclairage pendant la formation des trains ou pendant les arrêts, soit au départ, soit à l'arrivée, soit en cours de route.

Le premier motif est si important, qu'il suffit à lui seul, comme nous le verrons plus loin, pour imposer l'emploi des accumulateurs.

Nous ne parlons que pour mémoire des piles primaires. Celles-ci, à moins d'une invention nouvelle et imprévue, semblent définitivement remplacées, pour l'application dont nous nous occupons, par les piles secondaires, tant au point de vue pratique qu'économique.

Nous allons passer successivement en revue les expériences les plus récentes d'éclairage électrique des trains, en faisant d'abord abstraction du prix de revient. Nous chercherons ensuite à déterminer celui-ci autant que possible dans les différents cas, à l'aide des renseignements que nous avons pu recueillir. Enfin,

nous essayerons de déduire de l'ensemble quelques conclusions pour l'avenir.

CHAPITRE I. — L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS AU POINT DE VUE TECHNIQUE.

1° *Piles primaires.*

Il n'a plus été entrepris d'essais nouveaux au moyen de piles primaires depuis l'abandon du système Holmes et Burke, expérimenté par les principaux railways d'Angleterre, ainsi que du système Desruelles, dont la Compagnie des wagons-lits a fait usage pendant un certain temps entre Paris et Bruxelles.

Ainsi que nous le verrons plus loin, c'est le prix très élevé de ce genre d'éclairage qui l'a surtout fait rejeter. Malgré les soins minutieux demandés par les piles, l'éclairage obtenu était très beau. Cependant, au chemin de fer d'Orléans la question technique n'a pas été étrangère à l'échec du système.

M. Blodgett (*), du *Boston and Albany Railroad*, cite aussi — pour dire qu'ils ont échoué — deux essais entrepris, l'un sous sa direction pendant quelques jours, l'autre au *New-York Central Railroad* pendant deux ou trois mois.

2° *Piles secondaires.*

La fabrication des accumulateurs, particulièrement de ceux à oxydes et à sels de plomb, a fait de très grands progrès dans ces derniers temps, ainsi que nous l'avons déjà signalé.

(*) Voir l'*Electrical World*, du 9 juillet 1887.

D'après les expériences de MM. Eric Gérard, Prescott, Higgins et Kohlrausch (*), les meilleurs de ces appareils ont actuellement un rendement *en énergie* qui dépasse 82 p. 100, tandis qu'il n'était que de 50 p. 100 avec les premiers modèles. Leur capacité à la décharge atteindrait 12 ampères-heures par kilogramme de plaque et 8 ampères-heures par kilogramme de poids total, sous un potentiel de 2 à 1,89 volt. On obtiendrait même 20 ampères-heures par kilogramme de plaque et 11,5 ampères-heures par kilogramme de poids total avec les nouveaux accumulateurs à la lithanode (substance cohésive et compacte de peroxyde de plomb n'exigeant pas de carcasse métallique) (**). Mais ceux-ci sont encore peu connus et l'on a des doutes au sujet de leur durée.

Il est certain que ces chiffres, qui proviennent d'expériences de laboratoire, doivent subir de notables réductions pour des éléments mis en service courant, surtout s'ils sont soumis aux trépidations de la marche

(*) Voir le *Rapport du Comité des essais électriques à l'Exposition d'Anvers* (accumulateurs Julien); *Éléments d'électro-technique*, par Eric Gérard, professeur à l'Université de Liége, p. 125 (accumulateurs Julien); *La Lumière électrique*, t. XXVII, p. 387 (mesures de MM. Gérard et Prescott sur des accumulateurs Julien et de M. Higgins sur des accumulateurs Brush); *La Lumière électrique*, t. XXIV, p. 626 (mesures de M. Kohl rausch sur des accumulateurs Julien); *Renseignements pratiques sur l'emploi des accumulateurs*, par M. W. Kohlrausch (*Annales de Wiedemann*, t. XXXIV, p. 583, résumé dans *La Lumière électrique*, t. XXIX, p. 480); *Les Piles secondaires*, par W. H. Preece; *Communication* à la *Society of Arts* de Londres, le 1er mai 1889 (*Lumière électrique*, t. XXXII, p. 253; accumulateurs de l'*Electrical Power Storage C°* et de MM. Elwell Parker et C°); Mesures de M. Kohlrausch sur les accumulateurs Tudor (*Lumière électrique*, t. XXIX, p. 483); *Installation pratique des accumulateurs*, par J.-P. Anney (*Lumière électrique*, t. XII; accumulateurs Gadot et Philippart frères); *Les nouveaux accumulateurs Gadot*, par Michaut (*Revue internationale de l'électricité*) *Managrment of accumulators and private electric light installations*, par sir David Salomons, 4e édition, etc.

(**) Voici quelquesc hiffres extraits de la dernière édition (1889) du *Traité d'électricité industrielle* de MM. Cadiat et Dubost :

des trains. Mais il résulte des essais de longue durée faits en Amérique par le *Pensylvania Railroad* et le *Boston and Albany Railroad* avec des accumulateurs à oxydes appliqués mécaniquement, que l'on peut compter sur un rendement *minimum* de 60 à 65 p. 100 et sur une capacité à la décharge de 10 ampères-heures par kilogramme d'électrode. Dans ce qui suit, nous supposerons constamment qu'il s'agit d'accumulateurs de cette espèce, ceux à formation lente ayant un rendement trop faible par unité de poids total et ne pouvant servir ni pour l'éclairage des trains, ni pour la traction.

La pratique a démontré qu'il est préférable de faire usage de lampes à incandescence à faible potentiel (23 à 28 volts). Comme il est plus facile avec les lampes électriques qu'avec celles au gaz ou à l'huile d'employer des réflecteurs, on obtient avec ceux-ci un excellent éclairage avec des lampes d'un pouvoir éclairant de 6 à 8 bougies.

		Ampères-heures par kilogr. de plaques.	Ampères-heures. par kilogr. de poids total.
Accumulateurs plomb-plomb.	Reynier	6	4
	De Montaud	10	3,3
Accumulateurs à oxyde et à sels de plomb.	E. P. S. type à décharge rapide.	12	8
	— type à décharge lente.	9	6
	— modèle Philippart	10	6,6
	— Julien	10	8
	Gadot (ancien modèle)	8	5
	— (nouveau modèle)	10	6,6
	Farbaki	11	5
	Lithanode	20	11,5

D'autre part, nous avons recueilli les chiffres suivants, donnés par les fabricants :

		Amp.-h. par kilogr. de plaques.	Amp.-h. par kilogr. de poids total.	Rendement.
Accumulateur plomb - plomb.	Tudor	»	2,2 à 3,5	82,4
Accumulateurs à oxydes et sels de plomb.	Société du travail él. des métaux	10 à 12	6	80 à 85
	Huber-Blanc	15	9	80 à 85
	Julien	11 à 12	»	80 à 85

Il suffit, à cet effet, que sous un potentiel de 23 à 28 volts on ait une intensité de courant de 0,7 à 1,3 ampère suivant le système de la lampe. Or, la force électromotrice de chaque élément secondaire, qui est de 2,1 à 2,4 volts pendant la charge, est de 1,95 à 1,85 et 1,75 pendant la décharge avec une intensité de courant normale. La tension de 1,75 n'étant atteinte que tout à la fin de la décharge, on détermine le nombre d'accumulateurs en prenant comme base 2 volts par élément et l'on ajoute une réserve de 3 à 4 éléments que l'on introduit successivement dans le circuit vers la fin de la décharge.

Il existe une autre disposition essayée par le Chemin de fer du Nord français et qui consiste à utiliser simultanément tous les éléments d'une batterie en intercalant dans le circuit un rhéostat à déclenchement automatique, réglé au début d'après l'intensité consommée par la totalité des lampes d'une même voiture; ce rhéostat sert en même temps de commutateur pour l'allumage et l'extinction.

On peut calculer le nombre d'heures d'éclairage en se basant sur une capacité à la décharge de 10 ampères-heures par kilogramme d'électrode. Il paraît encore prudent de rester au-dessous du chiffre ainsi obtenu dans l'intérèt de la durée des accumulateurs. Cependant, s'il fallait une à deux heures d'éclairage supplémentaire, ils pourraient la fournir.

La quantité d'électricité nécessaire à la charge est en général de 15 ampères-heures par kilogramme de poids utile; afin de se mettre à l'aise, on ne prévoit ainsi qu'un rendement d'énergie de 60 p. 100 au lieu de 80 p. 100.

Pour calculer la durée des accumulateurs, on peut

admettre une très longue résistance des plaques négatives. De pareilles plaques fabriquées par l'*Electrical accumulator C°*, sont en service quotidien depuis le mois de décembre 1886 sur un train du *Pensylvania Railroad* et elles n'ont subi aucune détérioration apparente. On leur applique donc un amortissement ordinaire de 5 à 10 p. 100.

Quant aux plaques positives, on admettait à l'origine un amortissement de 50 p. 100, celles-ci ayant dû, dans les premières installations à marche journalière, être remplacées au moins tous les six mois. Cependant, le chiffre de 30 p. 100 était déjà indiqué en 1887 à la suite, d'une part, des essais du chemin de fer de l'État de Wurtemberg, d'autre part, de ceux du *Boston and Albany Railroad* (*). Il pouvait à cette époque être considéré comme optimiste à cause de la période de temps relativement courte pendant laquelle s'étaient faites les expériences, mais il a été confirmé depuis.

Quand les accumulateurs sont spécialement fabriqués pour être soumis aux cahotements et qu'ils sont maniés avec soin, il est admis sans conteste qu'ils peuvent durer deux ans au minimum (**). Il est vrai que, d'après la *Railway Review* (***), l'ingénieur électricien du *Boston and Albany Railroad* fixerait à 1.985 francs par an les frais de réparations de 60 éléments ayant coûté

(*) Voir DIETRICH, « Die elektrische Beleuchtung der Eisenbahn Züge » (*Ann. Gew. u. Bauwes*, Bd. 20, § 135 (traduit dans les *Annales industrielles* de 1887) et WETZLER, « Correspondance des États-Unis » (*La Lumière électrique*, t. XXIV, p. 187).

(**) La Société pour le travail électrique des métaux fabrique aujourd'hui des accumulateurs dont les pastilles homogènes et obtenues chimiquement sont maintenues dans un cadre spécial qui, tout en augmantant la conductibilité, leur permet de résister à de fortes secousses, sans qu'il y ait à craindre aucune détérioration.

(***) Voir numéro du 16 mars 1889.

3.900 francs, ce qui ferait environ 43 p. 100; mais on peut objecter qu'il s'agit d'éléments Julien, mis en service en janvier 1887, et que depuis cette époque la fabrication a fait encore des progrès sensibles. Dans les installations fixes, on obtient déjà une durée bien supérieure. Ainsi M. Preece a attesté dernièrement à la *Society of Arts*, de Londres, qu'il avait 26 éléments Faure-Sellon-Volkmar en fonctions depuis deux ans, et encore en parfait état (*).

La Compagnie Julien, de Bruxelles, prévoit 12 p. 100 dans ses forfaits pour l'entretien complet d'installations fixes marchant toute l'année, situées à 100 kilomètres de ses ateliers. L'usine Blanc, de Marly-le-Grand, fixe 10 p. 100. La Société Faure-Sellon-Volkmar descend jusqu'à 6 p. 100.

Ces chiffres semblent devoir être augmentés pour des accumulateurs soumis au cahotement des trains; cependant, il résulte d'expériences faites au chemin de fer du Nord français que, grâce à des perfectionnements récents, le détachement des pastilles n'est plus à craindre et que l'on peut compter sur un amortissement beaucoup moindre. En prenant 25 p. 100, on est certain de ne pas avoir de mécompte. Ce dernier chiffre est d'ailleurs admis en Amérique (**) depuis quelque temps déjà. Il va sans dire que ni la charge, ni la décharge des batteries ne doivent être trop rapides (***). Dans les accumulateurs où la solidité des

(*) Conférence à la *Society of Arts* de Londres, faite le 1er mai 1889 (voir la *Lumière électrique* du 11 mai 1889).

(**) La *Railroad Gazette*, dans un *editorial* qu'on ne peut accuser de partialité, et qui porte la date du 8 février 1889, prend 25 p. 100.

(***) L'accumulateur est un instrument dont le maniement demande une assez grande expérience et des soins minutieux. Sa capacité augmente à mesure que l'intensité du courant de charge et de décharge diminue. D'après M. Kohlrausch, la valeur d'une décharge ne dépend pas seulement

pastilles n'est pas suffisante, en ne visitant pas chaque jour les batteries afin de retirer les morceaux d'oxyde qui pourraient former des courts circuits, en ne renouvelant pas l'eau à temps, on s'exposerait à de graves mécomptes, ainsi que le prouvent les accidents survenus dans les premiers essais des chemins de fer du Sud-Ouest de la Russie, dont on trouvera plus loin le détail.

Quant à la durée des lampes, on avait admis qu'elle ne pouvait dépasser 800 heures en raison des vibrations provenant de la marche des trains. Les expériences du chemin de fer du Nord ont également prouvé qu'en fabriquant les lampes dans des conditions spéciales, en soumettant le filament à une compression et à une nourriture convenables, on peut rendre ces vibrations négligeables et atteindre une durée de 1.200 heures.

3° *Accumulateurs et dynamo commandée par l'essieu d'un véhicule.*

Dans les essais de l'État belge et du chemin de fer de l'Est français exécutés en 1883 (*), une batterie d'accumulateurs unique était placée dans le fourgon à côté de la dynamo. Elle ne devait servir à l'alimenta-

de la charge précédente, mais aussi des charges et des décharges antérieures. Par exemple, si on effectue une charge avec une intensité de courant très faible, la valeur de la décharge suivante n'est pas seulement augmentée, mais il en est de même de la seconde et même de la troisième décharge. Réciproquement, une décharge prolongée affaiblit les décharges suivantes effectuées avec un courant normal. Cependant, si l'on augmente davantage la vitesse de la décharge, on amène une détérioration trop rapide des plaques positives. Il faut, autant que possible, rester au-dessous de $1^{amp},5$ par kilogramme utile à la charge, et de $1^{amp},63$ par kilogramme utile à la décharge.

(*) Voir la description du système Tommasi, par M. Dery, dans la *Revue universelle des mines de Liège* (1883) et la note de l'Administration des chemins de fer de l'État belge (*Compte rendu de la 2e session du Congrès* (p. XIII-43).

tion des lampes que lors des arrêts ou de la marche à très faible vitesse.

Une disposition mécanique permettait par le croisement des courroies de maintenir toujours dans le même sens le mouvement de la dynamo.

Un interrupteur électrique de sûreté séparait automatiquement la dynamo des accumulateurs lorsque la vitesse du train tombait au-dessous d'un certain minimum (30 kilomètres à l'heure).

La régulation du courant par l'introduction de résistances et les commutations indispensables pour faire agir le courant de la dynamo sur le circuit des lampes, sur celui des accumulateurs ou même sur tous les deux à la fois se faisaient à la main dans les essais de l'État belge.

La *fig.* 1 représente le schéma des connexions.

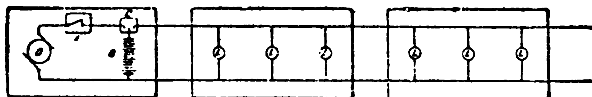


Fig. 1. — 1er genre (système Tommasi essayé par l'État belge et système Stroudley et Houghton essayé par le London Brighton Railway).

LÉGENDE : *D.* Dynamo; *B.* Batterie; *L. L. L.* Lampes; *I.* Interrupteur électrique automatique; *C.* Commutateur à main.

L'interrupteur de sûreté avait été, croyons-nous, perfectionné dans les essais du chemin de fer de l'Est français de manière à effectuer toutes les commutations.

Depuis cette époque, on a découvert l'action régulatrice des piles secondaires introduites soit en dérivation, soit en tension dans un circuit à force électromotrice variable, on a donc reconnu qu'il y avait avantage à ne jamais enlever du circuit des lampes la batterie d'accumulateurs.

Cette batterie sert de trop-plein en admettant un courant de charge, lorsque la force électromotrice de la dynamo dépasse la sienne ; et, au contraire, elle soutient la différence de potentiel à sa valeur moyenne en débitant un courant secondaire de compensation, quand la force électromotrice primaire tombe au-dessous de la sienne (*).

Le *London Brigthon and South Coast Railway* a appliqué ce principe dès le moment où il a renoncé aux accumulateurs seuls et où il a cherché à emprunter la force motrice à l'essieu d'un véhicule (**). Il a employé à cet effet un régulateur interrupteur du système Stroudley et Houghton agissant sur les balais de la dynamo (***) et maintenant le sens du courant indépendant de celui de la marche du train. Dans les premiers essais, on a aussi, pensons-nous, fait usage de deux batteries dont l'une était en charge pendant que l'autre servait à l'éclairage. La commutation s'effectuait à la main.

La *Sudbahn* en Autriche a expérimenté le système de Calo (****), où le principe de la régularisation par les accumulateurs était appliqué d'une façon plus complète encore, puisqu'un commutateur automatique à force centrifuge, qui servait d'interrupteur de sûreté, introduisait dans le circuit un nombre variable d'éléments secondaires (*fig.* 2).

Ceux-ci étaient reliés en deux séries parallèles pour

(*) Cela est facile à montrer par l'application des lois de Kirchoff (voir la description du système Timmis, par M. Piérard, dans le *Bulletin de la Société belge des électriciens*, 1888). Lane Fox avait déjà proposé, en 1879, un système de distribution d'électricité basé sur ce principe.

(**) Voir la *Revue générale des chemins de fer*, 1882, t. I, p. 228.

(***) Voir la *Lumière électrique*, t. XI, p. 267.

(****) *Ibid.*, t. X, p. 296.

que leur action régulatrice fût plus parfaite, leur résistance étant moindre et leur force électromotrice plus invariable.

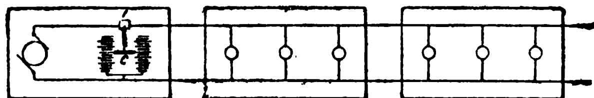


Fig. 2. — 2e genre (système de Calo essayé par la Sudbahn).
LÉGENDE : *I. C.* Interrupteur-commutateur.

Le train circulait entre Vienne et Trieste et, pendant la montée du Sommering, les accumulateurs qui devaient alimenter seuls les lampes n'avaient plus une capacité suffisante.

D'après une communication de la Sudbahn au Congrès, les essais ont été interrompus principalement pour ce motif.

Dans les expériences de la *Direction de Francfort-sur-le-Mein* (*), les accumulateurs, au lieu d'être placés en dérivation, étaient mis en tension dans le circuit de façon à diminuer le nombre d'éléments nécessaires (*fig.* 3).

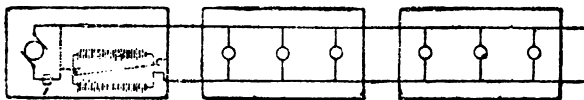


Fig. 3. — 3e genre (système Loebbeke et Oestreich essayé par la direction de Francfort-sur-le-Mein).
LÉGENDE : *I. C C.* Interrupteur-commutateur mécanique automatique.
N. B. Quand le courant est interrompu en *I*, les deux batteries sont placées en série dans le circuit des lampes comme l'indiquent les lignes pointillées.

La batterie était intercalée dans le circuit en deux séries parallèles pendant la marche de la dynamo. Elle était en série unique lorsqu'elle alimentait seule

(*) Voir la *Lumière électrique*, t. XIX, et la communication du docteur Dietrich, déjà citée.

les lampes. Le courant produit par la dynamo était constant, le système de prise de force comportait une combinaison mécanique destinée à donner une vitesse constante tout en permettant la marche du train dans les deux sens.

Ce système, pour lequel la *Maschinen Fabrik d'Esslingen* et l'*Electrotechnische Fabrik de Cannstatt* avaient pris des brevets, était extrêmement compliqué et son fonctionnement demandait des soins minutieux.

Lorsque l'usine de Cannstatt reprit les expériences au chemin de fer de l'État de Wurtemberg, elle se décida à effectuer toutes les régulations par des moyens électriques. De plus, au lieu de placer les accumulateurs dans le fourgon, à côté de la dynamo, elle fit porter à chaque voiture son approvisionnement, de façon à la rendre au besoin indépendante des autres.

La *fig.* 4 donne le schéma de la disposition.

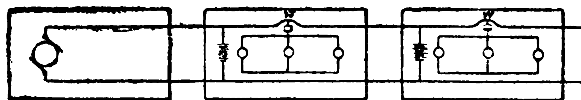


Fig. 4. — 4e genre (1re disposition essayée par l'usine de Cannstatt au chemin de fer de l'État de Wurtemberg).

LÉGENDE : W. Commutateur électrique automatique ayant pour but d'intercaler une résistance compensatrice de l'augmentation du potentiel des accumulateurs pendant leur chargement.

Les accumulateurs étant placés en dérivation, on aurait pu craindre *a priori* que les différences entre leurs forces électro-motrices n'eussent des effets nuisibles. L'expérience a démontré que, tant à la charge qu'à la décharge, il se produit des compensations qui ont pour effet d'équilibrer les différences qui existent au début entre les batteries. Cette propriété des accumulateurs était déjà connue d'ailleurs depuis assez long-

temps. Elle a servi à MM. Beaman, Taylor et King, à établir la station centrale d'éclairage électrique de Colchester (*fig.* 5) (*).

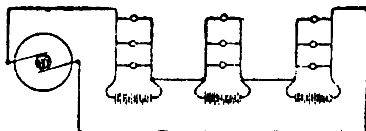


Fig. 5. — Principe de la distribution électrique de Colchester.

Disons un mot des appareils accessoires employés par l'usine de Cannstatt :

Un dispositif électrique appliqué aux balais de la dynamo lui permettait de tourner dans les deux sens. Un régulateur électrique intercalait automatiquement des résistances dans le circuit au fur et à mesure de l'augmentation de la force électro-motrice ; un interrupteur automatique, également électrique, coupait le circuit de la dynamo lorsque la vitesse du train descendait au-dessous de 30 kilomètres à l'heure.

Ces divers appareils produisant, au moment où ils entraient en fonctions, des variations assez sensibles dans l'intensité de la lumière, on se décida à diviser chaque batterie d'accumulateurs en deux parties, dont l'une alimentait les lampes tandis que l'autre était chargée par la dynamo. Un commutateur à main monté sur chaque voiture permettait au conducteur du train d'effectuer la commutation nécessaire.

La disposition qui a donné les meilleurs résultats

(*) La station centrale de Colchester a été abandonnée, mais cela tient exclusivement à des causes économiques. Elle a pu fonctionner pendant deux ans et demi sans aucun accident technique. L'idée a, d'ailleurs, été reprise : elle est appliquée actuellement, croyons-nous, à la station centrale de Vienne.

est celle où toutes les batteries d'alimentation des

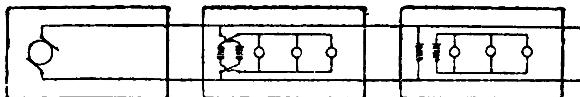


Fig. 6. — 5e genre (2e disposition essayée par l'usine de Cannstatt au chemin de fer de l'État de Wurtemberg.

N. B. Les liaisons indiquées pour les deux batteries d'accumulateurs de chaque voiture peuvent être inversées.

lampes ont été reliées entre elles au moyen de deux conducteurs supplémentaires.

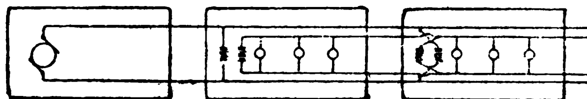


Fig. 7. — 6e genre (3e disposition essayée par l'usine de Cannstatt au chemin de fer de l'État de Wurtemberg.

N. B. Les liaisons indiquées pour les deux batteries d'accumulateurs de chaque voiture peuvent être inversées.

Ce dernier dispositif a l'avantage de permettre d'intercaler dans le train des wagons ayant des accumulateurs imparfaitement chargés parce qu'il s'établit un courant de compensation.

Le système *Timmis* essayé au *Midland Railway* ressemble au premier système de l'État de Wurtemberg (*fig.* 4); il n'en diffère au point de vue du principe que parce que l'on a ajouté dans chaque voiture un commutateur électrique de contrôle, manœuvré du fourgon des gardes au moyen d'un troisième fil, afin que les lampes ne puissent être allumées sans la volonté du chef du train.

On conçoit qu'au moyen d'un quatrième fil on puisse faire servir les accumulateurs à actionner les avertisseurs à la disposition des voyageurs dans chaque

compartiment. C'est ce que réalise aussi le système Timmis.

D'après les comptes rendus donnés par les journaux techniques, la dynamo était mue dans cette disposition non par un essieu, mais par un moteur à vapeur alimenté par la locomotive. Nous avons cru préférable de mentionner ici le principe du système parce que rien n'empêcherait en principe de prendre la force sur l'essieu, si l'on pouvait de cette façon obtenir une force électromotrice suffisamment constante.

Il n'entre pas dans le cadre de notre travail de décrire les régulateurs ou les disjoncteurs électriques ou mécaniques qui ont été employés dans les essais précédemment rappelés ; outre ceux-ci, il en existe d'ailleurs un assez grand nombre dans l'industrie, en usage pour le chargement des accumulateurs à poste fixe ou pour la distribution du courant lorsque les accumulateurs servent de régulateurs.

Mais il importe de dire un mot du mode d'excitation des machines dynamos, lequel différencie davantage les divers systèmes.

M. Tommasi employait une excitatrice séparée, mais, dans la plupart des autres essais, le circuit d'excitation était une simple dérivation (usine de Cannstatt), M. de Calo formait l'induit de deux enroulements distincts, dont l'un en fil fin donnait le champ magnétique, tandis que l'autre en fil gros était relié au circuit des lampes et des accumulateurs.

Dans le système de MM. Stroudley et Houghton essayé au *South Eastern* (*), la dynamo était excitée par deux enroulements : l'un était un shunt ordinaire dérivé des bornes de l'induit, l'autre, enroulé en sens

(*) Voir la communication de M. Blodgett, déjà citée.

inverse, était formé par le circuit des accumulateurs (*fig.* 8). On comprend immédiatement que cette disposition avait pour but de compenser les variations de la force électromotrice (*).

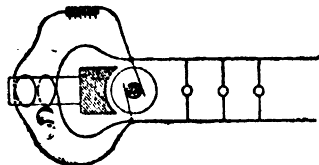


Fig. 8.

Nous ne connaissons pas exactement la disposition définitive adoptée au London Brighton Railway pour la machine Brush qui y est en usage, mais M. le directeur de l'*Anglo-American Brush Electric Light Corporation* a bien voulu nous écrire à ce sujet ce qui suit :

La dynamo (mue par l'essieu) devait être capable de commencer à fournir le courant à une vitesse de 16 kilomètres à l'heure et de le maintenir à une pression à peu près constante lorsque la vitesse du train augmentait jusqu'à 96 kilomètres et au delà.

Des dynamos Gramme ou Siemens à excitation séparée en dérivation ou en série furent employées sans succès. Elles ne purent résoudre le problème dans d'aussi larges limites.

La dynamo Brush fut alors modifiée, et les résultats encourageants obtenus lui firent donner une forme telle que, sans appareil spécial de régulation, elle maintienne la force électro-motrice constante lorsqu'on la relie à une batterie d'accumulateurs.

On découvrit que, par une disposition appropriée, elle pouvait régler le potentiel au moyen de réactions internes, réactions

(*) Une disposition semblable est indiquée, pour l'électrolyse, par M. Frœlich, dans son livre la *Machine dynamo-électrique*. L'auteur rapporte des études faites par la maison Siemens et Halske qui ont démontré que cette disposition ne réduit pas considérablement le travail électrique fourni par la machine.

non nuisibles, mais faisant simplement varier la *self induction* de manière à donner une force électro-motrice constante quelle que soit la vitesse de rotation.

Avant de s'engager dans cette voie, on avait cru nécessaire d'adopter divers moyens de régulation qui donnaient le résultat désiré avec une certaine approximation, soit par le mouvement des balais, soit par la variation du champ magnétique. Mais, ainsi que nous l'avons déjà établi, ces divers moyens n'étaient pas suffisamment pratiques pour fonctionner en service courant.

Les propriétés particulières que l'on a pu donner aux machines Brush et qui résultent en grande partie de ce fait que leur armature est formée de plusieurs bobines élémentaires séparées, les ont fait employer partout pour l'éclairage des trains. Plusieurs de ces dynamos sont en usage au *London Brighton Railway*, au *Great Northern* et au *Midland.*

On sait que l'éclairage de l'express de Londres à Brighton ne laisse rien à désirer. Le système, dans son ensemble, doit donc être bon. Cependant, d'après des renseignements dus à l'obligeance du service télégraphique de cette Compagnie, la force électro-motrice et l'intensité varient dans les limites respectives assez étendues — de 50 à 80 volts et de 35 à 80 ampères suivant la vitesse du train. Les modes d'auto-régulation agissant sur les inducteurs par un enroulement différentiel, commencent à se substituer à l'emploi de résistances, surtout pour le réglage du nombre de tours des moteurs électriques, problème inverse de celui que nous avons à résoudre. M. Lahmeyer vient d'étudier, à cet effet, toute une série de dispositions très ingénieuses, basées sur l'intervention de la force contre-électro-motrice d'un second induit.

Le principe est toujours à peu près le même, car d'après la lettre reproduite plus haut, il semble que dans la machine Brush du *London Brighton* ce soit

aussi un des enroulements de l'induit qui est chargé de la fonction remplie par la pile dans la figure 6. Les deux variétés de systèmes d'auto-régulation peuvent aussi être combinés.

On voit par tout ce qui précède que l'on a entièrement renoncé à alimenter les lampes directement par des dynamos.

Les accumulateurs sont devenus la partie essentielle du système; ils servent à la fois de réservoirs pendant que la dynamo est réduite à l'inactivité et de régulateurs quand elle est en mouvement. Souvent même la dynamo, placée sur la voiture, est uniquement employée au chargement d'accumulateurs de réserve. Dans ce cas, elle a pour but d'obtenir :

1° Une diminution du nombre des éléments secondaires qui seraient nécessaires si leur chargement s'effectuait à poste fixe;

2° La suppression du transbordement des accumulateurs et de l'immobilisation du train pour les recharger;

3° L'utilisation de la force vive perdue du train.

On peut objecter que la complication introduite par la nécessité de commutateurs et de régulateurs automatiques peut rendre tous ces avantages illusoires. On ne conçoit pas que le fonctionnement d'appareils aussi délicats puisse se faire sans la surveillance d'un agent spécial. Quant à la récupération de la force vive perdue, cet avantage n'est-il pas imaginaire? Il faut déjà qu'une pente atteigne un certain degré d'inclinaison et la vitesse du train un degré déterminé pour que la force prise sur l'essieu devienne gratuite. Sur les pentes faibles et en palier, l'énergie est indirectement empruntée à la locomotive. Ainsi que l'a fait re-

marquer M. Dery dans une note déjà citée, on peut comparer la question à celle des moulins et des moteurs à vapeur : la force du vent est gratuite et pourtant on trouve avantage à ne plus l'utiliser, à cause de son intermittence et de son irrégularité.

L'expérience peut seule trancher la question d'une manière définitive en établissant le prix de revient exact.

Aux États-Unis, la construction particulière du matériel américain rend très difficile la prise de force sur l'un des essieux à cause des déplacements qu'éprouvent dans les courbes, relativement à la partie supérieure des véhicules, les trucks placés à chacune de leurs extrémités. M. Barett, au *Connecticut River Railroad*, a essayé pour résoudre ce problème sur le matériel roulant à trucks de ce chemin de fer, une disposition qui a échoué, quoique fort ingénieuse. Quand les courroies étaient lâches, elles glissaient; quand elles étaient plus serrées, elles se brisaient (*).

4° *Accumulateurs et dynamo commandés par une machine à vapeur alimentée par la locomotive.*

Ce système n'est plus aujourd'hui qu'une variété du précédent, parce qu'on a dû renoncer à employer une dynamo actionnée par la vapeur de la locomotive sans accumulateurs, l'éclairage étant fort irrégulier dans ces conditions (**).

(*) Voir la communication de M. Blodgett, déjà citée.

(**) Voir le compte rendu, par M. Eugène Sartiaux, d'une expérience d'éclairage électrique d'un train entre Munich et Starnberg (*Lumière électrique*, 1883, t. X, p. 243).

Voir aussi le compte rendu des expériences de M. Massey au *Great Western Railway*. (*Société des ingénieurs télégraphiques et des électriciens de Londres*, 1884.)

Les dispositions des circuits peuvent donc être identiques.

Les ingénieurs de la traction objectent à ce système que les locomotives sont très souvent aujourd'hui à la limite de leur puissance et que, par conséquent, il serait peu prudent de leur imposer un nouvel effort, de même qu'il serait dangereux de charger d'une besogne nouvelle le machiniste dont toute l'attention est souvent absorbée par l'observation des signaux.

Les électriciens répondent que les locomotives ont jusqu'à 600, 700 et même 800 chevaux de force, que par conséquent il semble qu'elles puissent disposer sans inconvénient d'au moins 2, 3 et même 7 chevaux lorsqu'elles ne sont pas sur des rampes très raides; que l'installation peut être placée dans le fourgon e; que toute la besogne supplémentaire du machiniste se bornerait à couper l'alimentation de vapeur du moteur de la dynamo pendant les fortes montées.

En Europe, nous ne pouvons citer que des expériences déjà assez anciennes faites au *Great Eastern Railway*, au *Great Western Railway* et, plus récemment, sur le train impérial de Russie. Mais le système est plus en faveur aux États-Unis où, comme nous l'avons déjà dit, la construction du matériel américain rend très difficile l'établissement d'une prise de force sur un essieu.

En Amérique la vapeur d'échappement du moteur à vapeur de la dynamo sert souvent au chauffage du train. Si cette solution ne donne lieu à aucun inconvénient technique, elle peut être d'autant plus avantageuse, que la quantité de vapeur employée au chauffage est précisément celle nécessaire au fonctionnement du moteur. Il semble donc *a priori* qu'elle doive

conduire à des résultats économiques. Il est vrai qu'on ne peut utiliser entièrement la chaleur entrant dans une machine : une partie en est absorbée par le travail produit. Mais, ainsi que l'a fait observer M. Bède, qui a traité cette question en ce qui concerne le chauffage des édifices (*), la portion perdue est bien faible.

On peut le démontrer facilement. En effet, 1 kilogramme de vapeur possède, d'après la formule de Regnault, une quantité de chaleur donnée par $606,5 + 0,305\ t$. Si cette vapeur entrait dans une machine sous une pression de 10 atmosphères, c'est-à-dire à $179°,96$, elle aurait une chaleur totale de $606,5 + 0,305 \times 179,96 = 661,38$ calories. En s'échappant à *une* atmosphère de pression ou à 100 degrés, il lui resterait une chaleur totale de $606,5 + 0,305 \times 100 = 637$ calories.

La dépense n'est donc que de 24,38 calories et la perte de chaleur de 4 p. 100. Elle serait moindre avec un moteur rapide.

5° *Éclairage électrique sous les tunnels, l'électricité étant transmise au moyen d'un rail central.*

Le *Glascow City and District Railway* (**) possède une ligne très fréquentée et coupée de tunnels, de telle sorte que dans un seul voyage les trains restent au total une heure dans l'obscurité.

On a donc songé à les éclairer, au passage des tunnels seulement, au moyen d'une station électrique unique. A cet effet, on a placé, au milieu de la voie,

(*) *Ingénieur-conseil*, 1er août 1888.

(**) Communication de M. Carswell à la Philosophical Society de Glascow.

un troisième rail isolé qui amène le courant, le retour se faisant par les rails ordinaires. Les voitures portent deux poulies de contact montées sur ressort; une brosse en acier portée par chaque train sert à nettoyer le rail sans trop l'user.

Le rail central est divisé en trois parties, dont les extrémités sont respectivement à 2014, 1308 et 846 mètres de la dynamo. La section de chacune des trois parties de ce conducteur va en augmentant à partir de la dynamo, de manière que la chute de potentiel soit de 10 volts au maximum. La dynamo du sytème Crompton, compound et auto-régulatrice, a une différence de potentiel aux bornes de 110 volts et marche continuellement. Elle est actionnée par la même machine qui sert à l'éclairage d'une des gares du tunnel.

Les pertes d'isolement du rail ne sont que de 3 ampères.

La nuit, on allume les lampes à huiles qui ont été conservées dans les voitures.

Il circule sur la ligne huit trains par jour, soit en tout 74 wagons.

Une installation analogue a été réalisée, paraît-il, dans les tunnels situés *entre Kieff et Odessa*, formant trois sections, ayant respectivement 675, 450 et 200 mètres de longueur.

Il est évident qu'il ne sera possible d'appliquer avec avantage un pareil système que dans certains cas particuliers; mais il pourra alors rendre de très réels services. Il est à remarquer que l'indépendance des voitures y est entièrement conservée.

Dans le tunnel d'Hoosac, sur le *Fichburg Railroad*

(États-Unis), on a préféré éclairer entièrement le tunnel lui-même par l'électricité, ce qui procure en même temps de grands avantages au personnel de la voie, dont les falots brûlaient avec difficulté à cause de l'impureté de l'atmosphère. On y fait usage des lampes à incandescence de 16 bougies, alimentées par un moteur à vapeur de 125 chevaux. Il faut ajouter que le chemin de fer s'est surtout décidé à cette dépense dans un but de réclame, afin d'attirer les excursionnistes.

(*A suivre.*)

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889 (*)

RÉCOMPENSES OBTENUES

Grands Prix.

Administration des Postes et des Télégraphes. — Installation générale des services.

M. Baudot.

Médailles d'or.

MM. Mandroux.
Mercadier.
Madame veuve Meyer.

MM. Munier.
Sieur.

Médailles d'argent.

MM. Godfroy.
Petit.

MM. Picard.
Willot.

Médailles de bronze.

MM. Bayols et Déries.
Beau.
Brylinski et Estaunié.
Chassan et Rau.
Claverie.
Farjou.
Gras.

MM. Hérodote.
Lagarde.
Nault.
Parment.
Rambaud.
Sambourg.

Mentions honorables.

MM. Anizan.
Aubry.
Bouchard.
Cacheleux.

MM. Carême.
Daville.
De Vaquier de Limon.
Digeon.

(*) Voir *Annales télégraphiques*, novembre-décembre 1889, p. 544.

MM. Dortet.
Jacot.
Lambrigot.
Lanaud.
Marcillac.
Oudin.

MM. Pecquet et Mandroux.
Perrin.
Renault.
Schaeffer.
Terral.
Testu.

RÉCOMPENSES DÉCERNÉES AUX COLLABORATEURS

Médailles d'or.

Atelier du Dépôt central. — Clérac, ingénieur.

École professionnelle supérieure des Postes et des Télégraphes. — Raymond, directeur.

Usine des câbles sous-marins, à la Seyne. — Morris, ingénieur.

Médaille d'argent.

M. Perrin, de l'École supérieure des Postes et des Télégraphes.

DÉCRET NOMMANT LE DIRECTEUR GÉNÉRAL DES POSTES ET DES TÉLÉGRAPHES

Par décret du Président de la République du 21 janvier 1890, *M. de Selves*, préfet de la Gironde, a été nommé Directeur général des Postes et des Télégraphes, en remplacement de *M. Coulon*, nommé Président de section au Conseil d'État.

CHRONIQUE.

Protection des lignes télégraphiques et téléphoniques contre les fils d'éclairage électrique en Italie.

Nous avons publié dans les *Annales télégraphiques* (1888, p. 267) le décret réglementant en France l'établissement des conducteurs électriques d'éclairage et de transport de force. La comparaison des dispositions adoptées à cet égard dans divers pays pouvant offrir un certain intérêt, nous reproduisons ci-après un extrait du *Journal télégraphique*, relatif aux règles imposées en Italie aux constructeurs des lignes d'éclairage électrique :

« On revêtira les conducteurs des systèmes d'éclairage électrique situés dans le voisinage d'une ligne télégraphique ou téléphonique, d'une substance imperméable à l'eau et assurant suffisamment leur isolement.

« Dans les endroits où les ouvriers de l'Administration des télégraphes ou des téléphones risqueraient, dans l'accomplissement de leur service, de venir en contact avec les conducteurs d'éclairage électrique, ces derniers devront être pourvus d'une isolation spéciale et placés assez loin des lignes télégraphiques ou téléphoniques pour que l'on ne puisse avoir un contact simultané avec les fils de l'un et de l'autre système. Les contacts immédiats entre les lignes d'éclairage électrique et celles des télégraphes et des téléphones doivent être absolument impossibles, soit dans l'état normal des lignes, soit dans l'éventualité d'une rupture des fils.

« Il faudra éviter, autant que possible, de faire courir les lignes d'éclairage électrique parallèlement avec celles des télégraphes ou des téléphones. Lorsque le tracé parallèle sera inévitable, les lignes d'éclairage électrique devront être tenues

à une distance d'au moins 12 mètres des systèmes télégraphiques ou téléphoniques.

« Sur les points d'intersection, on devra faire passer les fils d'éclairage électrique en dessous et à angle droit des lignes télégraphiques ou téléphoniques. La distance entre le conducteur télégraphique ou téléphonique placé le plus bas et le fil d'éclairage électrique qui en est le plus rapproché sera d'au moins 2 mètres. Les poteaux ou supports des conducteurs d'éclairage électrique devront être, sur ces points de croisement, tenus à une distance d'au moins 3 mètres des lignes télégraphiques ou téléphoniques. Pour que ces dernières n'arrivent pas, dans le cas de leur rupture, en contact avec les lignes de l'éclairage électrique, on posera immédiatement au-dessus de chaque conducteur d'éclairage électrique, sur toute la portée du croisement, un fil de sûreté d'une force suffisante.

« Le gouvernement se réserve le droit de modifier ou remplacer les dispositions de l'ordonnance dont il s'agit, ainsi que de faire transférer ou supprimer les lignes d'éclairage électrique, si l'entreprise n'exécute pas immédiatement les ordres qui lui seront donnés par l'Administration, et cela sans qu'il en résulte pour la première un droit à une indemnité quelconque. Les Sociétés de téléphones pourront exiger l'application de cette dernière disposition ainsi que de celle relative à l'éloignement des conducteurs d'éclairage électrique au point où ils se croisent avec les lignes téléphoniques, seulement si elles fournissent la preuve que la proximité des lignes d'éclairage électrique nuit à l'exploitation de leur réseau téléphonique antérieurement établi. En ce qui concerne les lignes téléphoniques qui viendront à être ultérieurement établies, leurs propriétaires devront pourvoir eux-mêmes à ce que les fils en soient placés à une distance convenable du réseau d'éclairage électrique.

« L'entreprise supportera tous les frais résultant de l'exécution des mesures de précaution ou du transfert des lignes télégraphiques, téléphoniques ou d'éclairage électrique. L'Administration des télégraphes pourra éventuellement exécuter elle-même ces travaux pour le compte de l'entreprise.

« Si les dispositions sus-mentionnées n'étaient pas applica-

bles à certains cas particuliers, l'Administration des télégraphes se réserve le droit d'examiner les propositions des intéressés et de les approuver ou rejeter, suivant qu'elle le jugera convenable. »

Ligne téléphonique de Montévidéo à Buenos-Ayres.

Une nouvelle ligne téléphonique à longue distance a été inaugurée, le 26 octobre 1889, entre Montévidéo et Buenos-Ayres.

Cette ligne a un développement de 302 kilomètres et comprend trois sections : 1° une partie aérienne suivant la côte de l'estuaire du Rio-de-la-Plata, depuis Montévidéo jusqu'à Colonia, sur un parcours de 187 kilomètres; 2° des câbles sous-marins traversant le Rio-de-la-Plata dont la largeur à cet endroit est de 45 kilomètres et aboutissant, sur la rive droite, à Punta-de-Lara ; 3° une ligne aérienne de 70 kilomètres de Punta-de-Lara à Buenos-Ayres.

Le circuit téléphonique se compose de deux fils : l'un pour l'aller, l'autre pour le retour. Dans les parties aériennes, il est constitué par deux fils de cuivre dur de haute conductibilité, de 6 millimètres de diamètre, pesant 251 kilogrammes au kilomètre et ayant une résistance kilométrique de $0^{ohm},55$.

L'âme de chacun des deux câbles sous-marins est formée d'un toron de sept fils de cuivre de 1 millimètre de diamètre, recouvert de trois couches de gutta-percha ayant une épaisseur totale de $2^{mm},5$. Cette âme est entourée d'un matelas de chanvre goudronné et d'une armature de douze fils de fer galvanisé, de 6 millimètres de diamètre ; le tout est recouvert d'une enveloppe extérieure formée de deux couches de filin bitumé appliquées en sens inverse. Le poids de l'âme est de 99 kilogrammes par kilomètre : 49 kilogrammes pour le cuivre et 50 kilogrammes pour la gutta-percha. La résistance du conducteur est de $3^{ohms},3$, celle du diélectrique de 700 mégohms et la capacité de $0^{microfarad},2$ par kilomètre. Chaque câble a un diamètre extérieur de 34 millimètres et pèse 3.500 kilogrammes au kilomètre.

Le circuit complet a une resistance de 582 ohms et une capacité de 18 microfarads.

La même ligne dessert quatre postes intermédiaires : Santa-Lucia, Rosario, Colonia et la Plata, mais ces postes sont ordinairement hors du circuit; un dispositif spécial permet d'appeler l'un quelconque d'entre eux. Celui-ci coupe alors la ligne, se met en relation soit avec Buenos-Ayres, soit avec Montévidéo, et ferme le circuit du côté opposé par un fil sans résistance appréciable. Lorsque la conversation est terminée, il rétablit la communication directe entre les bureaux extrêmes.

La ligne téléphonique de Montévidéo à Buenos-Ayres est employée simultanément pour la télégraphie et la téléphonie par l'application du système anti-inducteur Van Rysselberghe. Dans chaque poste dix éléments Leclanché suffisent pour le service télégraphique.

Les transmetteurs microphoniques et les récepteurs téléphoniques sont du modèle Dejongle, très fréquemment employé en Belgique.

D'après les renseignements que donne la presse locale, la communication téléphonique est très bonne entre Montévidéo et Buenos-Ayres, et la voix n'est nullement altérée par l'intercalation dans le circuit des câbles du Rio-de-la-Plata.

Recherches sur la résistance électrique du bismuth.

Par M. Edmond VAN AUBEL.

Nous avons étudié l'influence de la température sur la résistance électrique des *tiges* de bismuth. Ce métal a été examiné sous deux états moléculaires : 1° fondu et lentement refroidi; 2° fondu et très rapidement refroidi ou trempé.

Plusieurs espèces de bismuths ont été employées; elles ont été soumises à l'analyse spectrale, en faisant éclater la décharge électrique entre des électrodes du métal. Comme il est impossible de se procurer un produit pur, même en s'adressant aux fabriques de produits chimiques les plus renommées, M. A. Classen, professeur à l'École polytechnique d'Aix-la-

Chapelle, a bien voulu nous préparer quatre échantillons de bismuth pur, par deux méthodes différentes. Dans le premier mode de préparation, on transforme le bismuth pur du commerce en oxychlorure, que l'on réduit ensuite; dans l'autre procédé, on part du sous-nitrate de bismuth du Dr Marquardt, à Bonn, que Marignac a employé pour la détermination du poids atomique du bismuth; on le transforme en oxychlorure qu'il faut réduire ensuite. Ces produits ont été préparés avec le plus grand soin; néanmoins l'analyse spectrale a prouvé qu'ils renfermaient tous des traces de plomb. On est donc autorisé à croire que le bismuth ne peut être obtenu, *d'une manière certaine*, à l'état pur par les méthodes chimiques de précipitation. Des traces de plomb sont toujours entraînées mécaniquement, alors même que les précipitations sont répétées jusqu'à treize fois de suite.

Il faut prendre certaines précautions pour pouvoir déceler, avec le spectroscope, la présence de traces aussi faibles de plomb dans des produits presque purs. Au contraire, on observe des différences très considérables dans les valeurs de la résistance électrique à 0 degré des divers bismuths, ainsi que dans l'influence de la température sur la résistance électrique. Aussi l'on peut dire que, de toutes les méthodes physiques et chimiques, la détermination de la conductibilité électrique est certainement la plus précise pour s'assurer que le bismuth est pur et surtout qu'il ne contient pas de traces de plomb.

En présence de ces résultats, M. le professeur Classen a pensé à préparer du bismuth pur par électrolyse. En faisant l'électrolyse d'une solution de bismuth impur, le métal pur se dépose au pôle —, et le plomb au pôle +, à l'état de superoxyde de plomb. L'analyse spectrale n'a pu découvrir aucune impureté dans ce produit.

Les résistances électriques de quelques-unes des tiges que nous avons examinées se modifient, d'une manière permanente, après la première chauffe, pour prendre alors des valeurs constantes. M. Leduc avait déjà observé un phénomène analogue.

Les tiges d'un même bismuth, trempées ou lentement refroidies dans des conditions semblables, ont sensiblement les

mêmes propriétés : les modes de trempe et de refroidissement lent restent donc toujours à peu près les mêmes pour les divers échantillons.

La structure moléculaire que l'on a modifiée par la trempe et la compression, exerce une grande influence sur les propriétés électriques des bismuths *impurs;* au contraire, la trempe paraît sans action sur le bismuth électrolysé pur. Ainsi la résistance électrique à 0 degré, l'influence de la température et du magnétisme sur la résistance électrique sont à fort peu près les mêmes pour les bismuths électrolysés lentement refroidis et trempés.

Pour toutes les tiges lentement refroidies des bismuths purs et impurs, le coefficient de variation de la résistance électrique avec la température est *positif.* Dans les bismuths impurs, les traces de plomb ont pour effet d'augmenter la valeur de la résistance électrique à 0 degré et de diminuer le coefficient de variation avec la température.

Le métal électrolysé présente une particularité que n'offrent pas les autres produits; le coefficient de variation avec la température est sensiblement le même aux différentes températures comprises entre 0 degré et 100 degrés, ce qui peut être considéré comme une preuve de la pureté du métal.

Les divergences qui existent entre les résultats des physiciens, relativement aux propriétés du bismuth, s'expliquent facilement par la rareté du produit pur.

La résistance électrique spécifique à 0 degré en unités C.G.S. est, pour le bismuth électrolysé lentement refroidi : $10^3 \times 107{,}99$, et pour le même métal trempé: $10^3 \times 108{,}69$.

Le coefficient moyen de variation de la résistance électrique entre 0 degré et 100 degrés est, pour le bismuth électrolysé lentement refroidi : + 0,00429, et pour le métal trempé : + 0,00422.

Nous avons étudié la variation de la résistance électrique dans un champ magnétique dont l'intensité valait 1.560 unités C.G.S. environ.

Si W est la résistance électrique hors du champ, et ΔW sa variation sous l'action du champ magnétique, la quantité $100\frac{\Delta W}{W}$ est 2,9 à 0 degré et 0,415 à 99°,7 pour le bismuth électrolysé lentement refroidi.

L'influence du magnétisme diminue donc considérablement lorsque la température s'élève.

(*Comptes rendus*, 27 mai 1889.)

Sur le champ électrostatique produit par des variations de l'induction magnétique.

Par le Professeur Olivier Lodge (*).

Le professeur Lodge a fait remarquer que comme beaucoup d'autres expérimentateurs, il a souvent essayé de trouver un rapport quelconque entre l'électricité statique et le magnétisme, et pour bien faire comprendre ses idées à ce sujet, il a indiqué les expériences suivantes, parmi un grand nombre d'autres, qui peuvent jeter quelques lumières sur cette question.

(1). Faire tourner un long barreau aimanté autour de son axe, en suspendant dans son champ une sorte d'aiguille d'électromètre à cadrans, chargé en sens inverse à chaque bout; on observe ensuite s'il y a une déviation.

(2). Construire un aimant en fer-à-cheval cylindrique ou en forme de tambour ressemblant à une paire de roues en fer reliées au centre et enroulées de fil; on cherchera si en le faisant tourner autour de son axe, il agira sur une boule de sureau chargée, suspendue entre les deux bords.

(3). Au lieu d'un aimant mobile, on peut employer un électro-aimant variable (idée dont l'auteur est redevable à M. le professeur Fitzgerald), et suspendre un corps électrisé, une feuille d'or, par exemple, entre les pôles; on observera si la feuille se déplace en arrière et en avant quand le noyau est excité ou désaimanté.

L'expérience classique du professeur Rowland qui consiste à faire dévier une aiguille magnétique au moyen d'un disque chargé tournant, ne peut guère être considérée comme établissant un rapport entre l'électricité statique et le magnétisme. Elle prouve seulement que les courants de convexion exercent

(*) Extrait d'une communication à la *Physical Society* de Londres, le 11 mai 1889. — Voir, sur le même sujet, une note parue dans ce recueil en 1887, p. 334.

les mêmes effets électro-magnétiques que les courants électriques de conduction. Le résultat expérimental cherché par l'auteur n'est donc pas exactement l'inverse de l'expérience de Rowland, mais il s'en rapproche beaucoup.

M. Lodge espère obtenir par une des méthodes indiquées, un moyen absolu de décider entre la théorie de Maxwell et plusieurs des théories contemporaines allemandes.

M. Chattock assistant à l' « University college », de Liverpool, a simplifié le dispositif indiqué tout à l'heure. M. Chattock suppose qu'il n'est pas nécessaire que le corps chargé soit lui-même dans un champ magnétique ; il suffit qu'il y ait dans une région voisine une variation de l'induction magnétique. Il proposait d'employer un circuit magnétique fermé comprenant toutes les lignes de force, et de suspendre les corps chargés en dehors et à proximité de ce circuit. Tant que l'induction magnétique reste invariable, il ne passe aucune ligne de force par le corps chargé ; mais dès que l'induction varie, il doit y avoir passage des lignes de force dans tout l'espace, et on pourrait peut-être observer leur effet sur la charge.

Soit B l'induction magnétique à travers un circuit, la force électromotrice induite dans ce circuit par des variations de B est $E = \frac{dB}{dt}$; or, lorsqu'une force électromotrice agit sur un corps ayant une charge statique Q à une distance r du centre du solénoïde, le travail exécuté pour lui faire faire un tour est $EQ = F 2\pi r$, F représentant la force mécanique exercée sur le corps chargé. Mais si la force électromotrice est de la forme $\frac{dB}{dt}$, elle ne durera qu'un temps très court, et c'est son impulsion qu'il faut considérer, c'est-à-dire :

$$\psi = \int_0^\infty F\,dt = \frac{BQ}{2\pi r}$$

qui représente la quantité de mouvement produite quand le magnétisme du solénoïde est excité ou quand il s'évanouit. C'est l'effet que l'on doit observer.

Or on sait qu'on a, avec les notations connues :

$$B = \frac{i 4\pi n A \mu}{l} \quad \text{et} \quad Q = KV.$$

Le produit BQ contient donc le facteur μK qui est égal à la réciproque du carré de la vitesse de la lumière. Il en résulte que l'effet observé doit nécessairement être très faible.

M. Lodge a effectué l'expérience suivante :

Il a enroulé de fil de cuivre, un anneau de fils de fer du poids de 12 kilogrammes, et a fait passer dans la bobine le courant des deux accumulateurs en l'inversant par une clef.

Au centre de l'anneau, il avait disposé un vase en verre contenant un appareil délicatement suspendu et composé de deux conducteurs en feuille d'aluminium de charge contraire, reliés ensemble, ainsi qu'avec un miroir, par un bras en gomme-laque. L'inverseur est ensuite actionné à la main à une vitesse réglée sur la période d'oscillation de cette aiguille, de manière à cumuler les impulsions.

Après avoir soigneusement éliminé les effets électrostatiques, on a constaté qu'il était impossible d'obtenir un effet appréciable avec cet appareil. Dans d'autres essais, l'auteur a rencontré une foule de difficultés parce que le corps conducteur était invariablement magnétique, et à cause des courants induits dans le miroir même. Finalement, il s'est servi comme conducteurs de petits cylindres en gélatine.

On a pu se débarrasser en partie des courants induits dans le miroir en traçant des lignes sur la surface métallique, mais, dans ces dernières expériences M. Lodge a abandonné le miroir tout à fait, pour se servir d'une aiguille et d'un microscope. L'anneau fut également construit avec plus de soin; en fil de fer très fin enroulé uniformément. M. Lodge prit également soin d'éviter l'effet direct du fil de cuivre sur l'aiguille, et il employa une feuille de cuivre agissant comme écran; il en recouvrit également tout l'extérieur de l'appareil pour éviter une action électrostatique, mais il arriva à cette conclusion que, dans ces conditions, le mouvement de l'électricité dans les conducteurs était du même signe que celui de la charge électrostatique qu'on cherchait et que, par conséquent, la réaction de la charge momentanément redistribuée sur les conducteurs pourrait peut-être masquer l'effet direct de la force électromotrice sur le corps chargé.

En disposant un conducteur en cuivre de manière à faire coopérer l'effet des charges électriques qui y étaient induites

par la force électromotrice avec l'effet direct de cette dernière sur le corps chargé, il semblait probable qu'on pourrait rendre la déviation visible. On enroula donc l'extérieur de l'anneau avec un fil court dont on fit venir les extrémités dans la boîte contenant l'aiguille, et de chaque côté de celle-ci; on observa, en effet, une déviation distincte.

On employa alors 10 spires de fil et la déviation fut bien plus marquée. L'auteur croit que cette méthode fournirait un excellent moyen pour déterminer la valeur de v et v^2. M. Lodge est également arrivé à observer l'effet dans un diélectrique libre sans l'aide du conducteur.

Tous les écrans de cuivre furent enlevés et quelques spires de gros fils enroulées sur l'anneau, de manière à ce que la variation de potentiel fut faible. Ce fil fut alors enroulé symétriquement en deux moitiés dont les bouts extérieurs étaient reliés à une clef, de façon à permettre à l'observateur de travailler sur un circuit ouvert ou fermé.

Le milieu de la pile fut mis à la terre pour que le potentiel des deux moitiés du fil soit égal et contraire et l'aiguille fut réglée, la boîte en verre étant introduite et retirée de l'anneau et la fibre de suspension tournée au moyen d'une vis jusqu'à ce que l'effet produit par les inversions sur le circuit ouvert fut très faible. Il fut cependant impossible de le réduire à zéro.

En fermant le circuit au moyen de la clef, l'effet électrostatique était réduit de beaucoup, et on put alors observer l'effet cherché; la tache lumineuse oscillait sur 2 à 3 millimètres quand la clef fonctionnait à la vitesse voulue pour que les effets s'ajoutent.

En renversant la charge de l'aiguille la déviation fut neutralisée ou bien renversée. Cette inversion de l'effet électrostatique fournit, d'après l'auteur, une preuve concluante de l'exactitude de l'observation.

Au cours de la discussion qui suivit cette communication le professeur Fitzgerald a fait remarquer qu'il serait extrêmement difficile de prouver expérimentalement l'existence d'un effet dépendant de $\frac{1}{v^2}$.

Avec des quantités d'électricité aussi faibles que celles employées dans ces expériences, il pensait que l'impulsion était

trop petite pour être appréciable. Il avait lui-même pensé à des expériences de ce genre pendant bien des années et il n'avait abandonné ses idées que parce qu'il n'avait pas trouvé un mode de suspension assez délicat pour assurer une chance de succès. Grâce à M. Boys cette difficulté n'existe plus.

(*Lumière Électrique*, 1er juin 1889.)

Le quartz matière isolante.

Dans une récente séance de la Physical Society de Londres M. C.-V. Boys a fait une Communication sur les propriétés isolantes du quartz. Celles-ci sont considérablement plus élevées que celles du verre. De plus, le quartz a le grand avantage de n'être nullement hygrométrique. Le quartz qui a été fondu une fois se travaille plus aisément que le verre.

Après l'avoir plongé dans l'ammoniaque ou la potasse, il suffit d'un lavage à l'eau pour lui rendre ses propriétés isolantes.

Après un long séjour dans un bain de potasse caustique fondue, le quartz perd une partie de ses propriétés isolantes, mais il reste encore supérieur au verre.

L'auteur pense que cette matière pourra être avantageusement employée dans certains appareils électrostatiques.

(*Bulletin de la Soc. intern. des électriciens.*)

Chronique des expositions.

On annonce qu'une Exposition internationale destinée à mettre en relief le progrès et le développement de la science électrique des inventions et des industries générales aura lieu à Édimbourg en 1890.

L'Exposition s'ouvrira dans les premiers jours du mois de mai 1890, restera ouverte environ six mois et portera le titre de : *Exposition générale du génie électrique, d'inventions et d'industries générales. Édimbourg*, 1890.

Elle sera divisée en vingt-deux sections, savoir :

I. Génie électrique et inventions :

Production d'électricité. — Conducteurs électriques. — Mesures. — Application de l'électricité. — Collection bibliographique. — Collection historique :

II. Inventions et industries générales :

Exploitation des mines, métallurgie. — Exploitation des mines d'or, production des métaux et des pierres précieuses. — Industries rurales. — Architecture. — Hygiène. — Art de la décoration, meubles et accessoires. — Musique. — Habillements et accessoires. — Nourriture et boissons. — Instruction et arts libéraux. — Génie et machines. — Navigation. — Industries chimiques et alliées. — Autres manufactures et matières brutes. — Industrie de femmes. — Industries d'artisans.

III. Beaux-arts.

D'autre part, à la suite d'une proposition émanant de la Société des électrotechniciens de Francfort-sur-Mein, un comité, après s'être assuré l'appui et la bienveillance du gouvernement, des autorités municipales, de la chambre de commerce, des notabilités du commerce et de l'industrie de cette ville, a pris à l'unanimité la décision d'y organiser une Exposition d'électricité en 1890.

L'Exposition durera du 1er juin au 31 octobre 1890 et comprendra les douze groupes suivants :

Moteurs électriques. — Production de l'électricité. — Moyens et procédés pour la distribution de l'électricité. — Accumulateurs et transformateurs. — Transmission électrique de la force. — Éclairage électrique. — Télégraphie et téléphonie, paratonnerres, appareils électriques de sûreté contre l'incendie, contre les vols, etc., sonneries électriques. — Application de l'électricité aux chemins de fer, aux tramways, aux bateaux. — Signaux électriques des chemins de fer, etc. — Métallurgie électrique et électrolyse. — Appareils électriques-électrothérapie, etc. — Publications relatives à l'électricité.

H. P.

Gérant : Ve DUNOD. — PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1890 **Mars - Avril**

RELEVE

DES

COUPS DE FOUDRE OBSERVÉS EN FRANCE

PENDANT L'ANNÉE 1888

Les *Annales télégraphiques* ont enregistré, en 1888, le relevé des coups de foudre observés en France pendant l'année 1887 (*). Nous publions aujourd'hui dans la même forme, c'est-à-dire aussi en trois tableaux, les constatations de même nature faites en 1888.

Dans le cours de cette dernière année, aucun orage n'a été signalé dans dix-neuf départements, dont deux situés au centre, quatre à l'Est, six à l'Ouest, et sept au Midi.

(*) *Annales télégraphiques*, 1888, p. 314 et suiv.

Si on compare les tableaux, on est frappé de l'augmentation que présentent, sur l'année précédente, les objets du matériel télégraphique actuellement en service.

On remarque en outre un écart assez sensible entre le nombre des objets indiqués comme atteints par la foudre et celui des accidents constatés individuellement.

En ce qui touche le matériel, les chiffres de l'année précédente n'avaient pas été fournis, par certains départements, avec tout le soin désirable et les différences anormales qui pourront être remarquées proviennent en grande partie de ce fait.

Pour les cas de destruction, les lacunes proviennent de causes diverses :

D'abord les orages observés dans sept départements de régions opposées n'ont causé aucun dommage;

Ensuite beaucoup d'objets foudroyés ont été trouvés après coup et n'ont donné lieu qu'à la constatation du fait matériel. Ainsi, par exemple, en ce qui concerne les lignes, souvent les détériorations se sont produites en rase campagne, les dégâts ont été signalés pendant la revision du réseau ou dans les rapports sur la marche du service, et il n'a pas été possible de recueillir d'indications sur les circonstances qui les ont accompagnés.

Quant au matériel de poste, les appareils atteints l'ont été quelquefois par des étincelles électriques, comme il s'en produit fréquemment pendant les temps orageux, mais sans qu'aucun cas de chute de la foudre

ait été remarqué à proximité, — l'accident provenant d'orages éloignés.

Il faut ajouter que dans plusieurs départements, les informations ont éte prises longtemps après les événements et que, dans d'autres, les bureaux n'ont pu fournir au sujet des détériorations aucune explication et reproduire les renseignements qui leur avaient été donnés par les ouvriers d'équipe ou par les agents des compagnies de chemins de fer.

Dans un cas comme dans l'autre, les faits manquant de certitude n'ont pas été relevés individuellement. C'est ce qui explique la différence qui existe entre les chiffres portés sur le premier tableau et les dégâts constatés dans le troisième.

On voit par ce qui précède que certains fonctionnaires, peu au courant, sans doute, des travaux de la Conférence internationale des électriciens, ne se sont pas encore suffisamment pénétrés de l'utilité des observations météorologiques qui leur sont demandées.

Pour être consultées avec profit, les informations de cette nature doivent être recueillies d'une manière absolument générale, et être prises partout avec le même soin et la même régularité.

Nous espérons qu'il suffira d'appeler l'attention sur l'importance, au point de vue scientifique, de la constation des coups de foudre, pour obtenir de tous un

concours persévérant et faire produire à ce travail tout le fruit qu'il serait permis d'attendre de la publication périodique de faits conciencieusement observés et soigneusement recueillis.

H. Pelletier.

I. — Renseignements généraux.

	FRANCE				ALGÉRIE (*)		
	Sur chemins de fer	SUR ROUTES		Câbles sous marins	Sur chemins de fer	SUR ROUTES	
		Lignes aériennes	Lignes souterraines			Lignes aériennes	Lignes souterraines
Longueur des lignes	44.849^{k}	45.886^{k}	6.454^{k}	325^{k}	2.693^{k}	4.718^{k}	30^{k}
Longueur des sections atteintes	333^{k}	754^{k}	»	»	569^{k}	1.137^{k}	»
Nombre d'orages observés	155	372	»	»	15	24	»
Nombre de cas de destruction	126	207	»	»	15	24	»
Ruptures de fils causées par la foudre	5	44	»	»	5	10	»

	FRANCE EN SERVICE		FRANCE ATTEINTS		ALGÉRIE EN SERVICE		ALGÉRIE ATTEINTS	
	Sur chemins de fer	Sur routes	Sur chemins de fer	Sur routes	Sur chemins de fer	Sur routes	Sur chemins de fer	Sur routes
Poteaux	763.447	695.069	236	411	43.171	60.479	42	137
Isolateurs	3.020.485	1.263.681	475	337	136.981	67.522	16	41

	FRANCE En service	FRANCE Atteints	ALGÉRIE En service	ALGÉRIE Atteints
Appareils à cadran	995	»	33	»
— Morse	10.776	11	551	»
— Hughes	660	»	15	»
— Baudot	41	»	»	»
— Wheatstone	8	»	»	»
— Thomson	4	»	»	»
— Estienne	1	»	»	»
Téléphones	2.832	7	147	»
Sonneries et parleurs	25.717	134	751	»
Paratonnerres télégraphiques	33.885	597	1.376	3
Paratonnerres téléphoniques	6.574	30	152	»
Galvanomètres	14.112	9	564	»
Commutateurs	21.743	2	895	»
Tableaux indicateurs	202	»	26	»
Block-System	34	»	»	»

(*) Le service télégraphique de la Tunisie étant mis à la charge du Gouvernement beylical, son matériel ne figure plus sur ce tableau.

II. — Coups de foudre observés en F

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	PERSONNES		ANIMAU	
				tuées	atteintes	tués	a
						MOIS	
						N	
						MOIS	
						N	
						MOIS	
						N	
						I	
						N	
						MOIS	
19	4h s.	Puylaurent.	Lozère.	»	1	»	
26	1h s.	Lamothe.	Landes.	1	5	»	
27	4h 15 m.	Châteauneuf de Landon.	Lozère.	1	»	»	
						MOI	
8	1h s.	Saint-Amans-Roche-Savine.	Puy-de-Dôme.	»	1 enfant.	1 poule.	
8	2h 40 s.	Mézières.	Ardennes.	»	»	»	

1888 en dehors des lignes et des postes.

DATES	OBJETS FRAPPÉS. DESCRIPTION DES LIEUX. DÉGATS PRODUITS. OBSERVATIONS.

JANVIER.

Néant.

FÉVRIER.

Néant.

MARS.

Néant.

D'AVRIL.

Néant.

MAI.

19 La foudre a frappé par derrière un homme et deux bœufs, dans une vaste plaine labourée, sur le chemin de la Molette au Thor.

26 La foudre est tombée sur un champ où l'on fanait du trèfle incarnat. Ce champ est situé à l'extrémité d'un plateau qui commande une vallée très encaissée. A 40 mètres se trouve une forêt de pins dont quelques-uns ont 25 mètres de hauteur; à 30 mètres, à l'est, une maison d'habitation de 5 mètres, couverte en tuiles ainsi que ses dépendances.

Trois hommes et trois femmes étaient occupés à faner. Une jeune fille a été tuée sur le coup; les autres personnes ont toutes été renversées et étourdies.

Un homme seul a entendu la détonation. C'est lui qui le premier a repris ses sens. Il a vu, à côté de la jeune fille tuée, un cône fumant de $0^m,50$ de hauteur, qui a fait explosion et incendié les vêtements de cette jeune fille, ainsi que le trèfle incarnat.

Il n'existe pas de paratonnerre dans le voisinage.

27 La foudre est tombée sur le clocher de l'église couvert en ardoises, terminé en flèche, surmonté d'une tige en fer d'environ $1^m,50$ et portant girouette. Le clocher, élevé de 30 mètres environ, domine de 20 à 22 mètres les constructions voisines.

Le courant est descendu sur la tige en fer, a pénétré dans le clocher et a suivi la chaîne, qui sert à sonner la cloche de l'intérieur, jusqu'au niveau du sol de l'église où on ne retrouve plus sa trace.

Il a tué le sonneur qui sonnait au moyen de cette chaîne, tout à fait au bas du clocher.

Le coup de foudre a été multiple. En une seconde il a frappé sur le toit d'une maison, à 150 mètres du clocher, où il n'a cassé qu'une ardoise, et il a percé une porte d'une autre maison éloignée de 100 mètres de la précédente.

JUIN.

8 La foudre est tombée sur un frêne de 11 mètres, situé sur une colline, près d'une maison couverte en chaume.

Le fluide a suivi le tronc de l'arbre sur une longueur de 4 mètres. Il a pénétré dans la maison par une petite ouverture qui se trouve à 1 mètre au-dessous du toit, a mis le feu à l'intérieur et est allé se perdre à 2 mètres de la maison. Une partie du toit a été brûlée.

Un enfant a été renversé, une poule tuée.

8 La foudre est tombée, sur le pavé, dans la cour de la maison des Frères, laquelle domine de 5 à 6 mètres les constructions voisines. Aussitôt le contact avec le pavé, il s'est formé un globe de feu rouge et bleu. Ce globe est entré par la porte ouverte de la cuisine, élevée de trois marches garnies d'une rampe en fer; il a gagné le dessous de la cuisinière et a vraisemblablement remonté par la cheminée, d'où il est sorti en perforant, près du plafond, le mur d'une chambre située au deuxième étage.

L'intérieur de la cheminée a été dégradé; le tuyau de gaz qui se trouve sur l'endroit perforé a été repoussé en avant et l'un des crampons qui le fixent au mur a été projeté dans la pièce.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	PERSONNES		ANIMAUX	
				tuées	atteintes	tués	atteint[s]
						MOIS D[E]	
8	3h s.	Blaise.	Haute-Marne.	»	»	»	»
8	5h s.	Fénols.	Tarn.	1	»	»	»
8	7h s.	Prairay, commune de Francheville.	Côte-d'Or.	»	1	»	»
10	»	Warlay-Baillon.	Somme.	»	»	1 vache.	»
19	5h 30 s.	Tartas.	Landes.[1]	»	»	»	»
19	7h s.	Campagne.	Landes.	1	»	»	»
20	2h 30 s.	Fleury-d'Aude.	Aude.	»	»	»	»
20	4h s.	Lésignan.	Aude.	»	»	»	»
20	4h 45 s.	Narbonne.	Aude.	»	1	»	»

DATES	OBJETS FRAPPÉS. DESCRIPTION DES LIEUX. DÉGATS PRODUITS. OBSERVATIONS.
JUIN (SUITE).	
8	La foudre est tombée sur un peuplier, à 200 mètres de la commune, et l'a dégradé.
8	Habitation de 6 mètres avec écurie attenant. Bâtiment isolé entouré de prairies et de champs cultivés, sans arbres environnants. La foudre est tombée dans la direction verticale. Elle a suivi la toiture, brisé environ cinquante tuiles, percé un mur et a pénétré dans l'écurie où elle a tué un homme en le frappant à la tête. Aucune blessure au corps. Sa casquette a été brûlée. Il n'y a pas eu d'incendie. La litière est restée intacte.
8	La foudre est tombée sur une maison de 10 mètres, couverte en lave, et dominant d'environ 5 mètres les constructions environnantes. Elle a pénétré par la cheminée, a détruit trois solives, dégradé l'intérieur de la cheminée et les murs des greniers, a labouré une partie de la toiture et s'est perdue. Plusieurs chevrons brisés. Pas d'incendie. Une femme qui se trouvait sur le seuil de la porte a été renversée, puis projetée violemment dans l'intérieur de la maison, sans aucune suite sérieuse.
19	La foudre est tombée sur deux chênes et un pin; les chênes de 6 et 12 mètres de hauteur, le pin de 15 mètres. Ces arbres, situés sur la lisière d'une forêt de pin, sont distants : les premiers de 6 mètres, le pin de 15 mètres. A 35 mètres plus loin, se trouve une métairie composée d'une maison et d'une grange couverte en paille. Le fluide, après avoir légèrement fendu le pin et le petit chêne, a brisé le plus grand et en a jeté les débris à 10 et 15 mètres; il s'est fait trois passages dans la terre formant trois petites galeries de 4, 5 et 7 mètres de longueur.
19	La foudre est tombée sur un chêne de 30 mètres de hauteur et d'un diamètre de 1m,50. Cet arbre est situé sur la lisière d'une forêt de pins, à 30 mètres d'une maison d'habitation couverte en tuiles et de quatre granges couvertes en paille. A 10 mètres de la maison se trouve un peuplier d'Italie de 35 mètres de haut. Après avoir pratiqué dans la tige du chêne une fente de 4 mètres de longueur et 0m,10 de profondeur, la foudre s'est écoulée dans le sol sans laisser de trace. Une partie de l'écorce et des débris de bois mesurant 1 mètre de long ont été projetés à 15 mètres de distance. Un vieillard de 71 ans qui s'était abrité sous le chêne a été tué sur le coup. Il portait sur l'épaule gauche une pioche fortement aciérée. Sa jambe gauche était sillonnée de brûlures légères; le sabot du pied droit a été brisé. A la même heure et dans la même forêt, la foudre avait allumé un incendie qui a été promptement éteint.
20	La foudre est tombée d'abord sur une poutre et sur le bord d'une fenêtre de 2m,50 environ, puis sur un arbre de 3m,80, à l'angle gauche du café de l'établissement de Saint-Pierre. Elle est entrée par la fenêtre et est sortie par le toit.
20	La foudre est tombée sur deux cheminées d'une maison située sur la route, à 800 mètres du bureau télégraphique. La maison, solidement bâtie en pierres, est couverte d'une toiture en ardoises dont les arêtes sont en zinc. Les cheminées atteintes, d'une hauteur de 12 mètres, sont en briques et soutenues par de fortes tiges en fer qui se rattachent à la toiture. La maison est isolée et entourée de jardins plantés de pins arrivant à la hauteur des cheminées. La foudre a rasé complètement l'une des cheminées; elle a suivi les arêtes en zinc de la toiture, a frappé la seconde cheminée et s'est ensuite perdue dans le sol par les gouttières. Le passage du fluide est indiqué sur la seconde cheminée par une large fissure longitudinale. Aucun accident de personnes. Aucun dégât dans l'intérieur de la maison.
20	La foudre est tombée sur une maison de 20 mètres, couverte en tuiles avec charpente en bois, distante de 20 mètres des habitations environnantes, et à 60 mètres du canal. Le fluide a labouré la partie extérieure du mur sur une longueur de 3 mètres, une largeur de 1 mètre et une profondeur de 0m,20. Il a percé le mur et est entré par ce mur et par une cheminée dans un appartement inhabité, au troisième étage, en occasionnant de grands dégâts. Mur en partie démoli; cloison déplacée de 4 centimètres. — Il est sorti par la croisée en brisant deux carreaux. Le même coup de foudre a pulvérisé une casserole au deuxième étage, sans laisser d'autres traces de son passage. Il a aussi renversé une femme dans l'escalier, mais sans lui occasionner aucun mal.

DATES	HEURES	LOCALITÉS.	DÉPARTEMENTS	PERSONNES tuées	PERSONNES atteintes	ANIMAUX tués	ANIMAUX attein
						MOIS D	
22	»	Châtillon-en-Bazois.	Nièvre.	»	»	»	»
22	2h 30 s.	Saint-Conat-d'Aude.	Aude.	»	»	»	»
23	8h 30 m.	Saint-Jean-sur-Mayenne.	Mayenne.	»	»	3 porcs.	»
23	11h m.	Dax.	Landes.	»	»	»	»
24	2h 20 s.	Carteu-Pouson.	Landes.	»	»	»	»
						MOIS D	
22	De 5h à 7h m.	Saint-Florent.	Corse.	»	»	»	»

DATES	OBJETS FRAPPÉS. DESCRIPTION DES LIEUX. DÉGATS PRODUITS. OBSERVATIONS.
JUIN (SUITE).	
22	La foudre est tombée sur la cheminée d'une maison; elle a suivi le conduit de la cheminée, a traversé la cuisine du rez-de-chaussée et est sortie par une fenêtre qui a été brisée et dont les carreaux ont été mis en éclats.
22	La foudre est tombée sur un atelier servant de forge et faisant corps avec la maison d'habitation; le tout isolé des autres quartiers du village et couvert en tuiles creuses. Le courant est entré par la cheminée de la forge. Arrivé à la hauteur du plancher, il a pénétré dans le grenier, a traversé un tas de fagots où il a mis le feu et enfin est sorti par la toiture où il a fait deux trous. Les ouvriers qui travaillaient dans la forge ont été éblouis par l'éclat de lumière qui les a entourés; ils ont ressenti une forte commotion, mais aucun n'a eu de mal. Par suite de l'incendie il n'est resté du local que les quatre murs.
23	Le tonnerre est tombé sur un bâtiment de service de la ferme de la Gripellière, de 5 mètres de haut; couverture en ardoises, charpente en bois, à 200 mètres d'une rivière qui coule au pied d'une colline boisée d'une grande élévation. Les autres bâtiments de la ferme sont plus élevés de 2 mètres. La foudre est entrée par le faîte; elle est descendue le long de deux arêtes du toit en enlevant les ardoises sur une longueur de 1 mètre. Le fluide s'est divisé en deux courants; l'un a suivi, en l'endommageant légèrement, le montant en bois d'une porte de basse-cour et a pénétré dans la terre en pratiquant un trou de $0^{m},1$ de diamètre; l'autre a brisé une vigne montant jusqu'au toit le long du bâtiment et a pénétré par une lucarne dans une étable à porcs où il a tué les trois animaux qui s'y trouvaient. Le premier courant avait passé à proximité de la lucarne d'une autre étable où se trouvaient également trois autres porcs qui n'ont pas été atteints. Le coup de foudre a été accompagné d'une légère fumée. Deux ouvriers qui travaillaient dans une prairie, à 100 mètres, ont éprouvé une grande secousse.
23	La foudre a frappé une cheminée de 10 à 12 mètres, place Saint-Pierre, et s'est perdue dans le sol. Le coup de tonnerre a été simple et d'une grande violence; il a été suivi d'une averse d'une demi-heure.
24	La foudre est tombée sur une grange de 8 mètres, couverte en paille. A 5 mètres se trouve une maison d'habitation couverte en tuiles; à $2^{m},50$ un chêne mesurant 15 mètres de hauteur qui n'a pas été atteint. A 1 kilomètre plus loin, un pin de 7 mètres, chétif et rabougri, isolé sur la lisière d'une forêt de pin, a été fendu et dépouillé de son écorce. La grange a été incendiée et entièrement détruite.
JUILLET.	
22	La foudre est tombée sur l'église et sur deux maisons distantes l'une de l'autre d'environ 80 mètres. L'église est située au centre de la ville; le clocher a une élévation d'environ 15 mètres. Il est entouré de maisons moins élevées. La première maison atteinte est située à l'entrée de la ville. La foudre a frappé la façade donnant du côté de la mer. La seconde maison est située entre la première et l'église. C'est également par la façade donnant sur la mer que la foudre a pénétré. Sur le clocher, une des arêtes faisant face à la mer a été brisée; de là, le fluide est entré dans l'église et s'est écoulé à terre par l'autel dont il a brisé les deux côtés. Du clocher, la foudre a aussi pénétré, par une terrasse attenante, dans une maison faisant corps avec l'église et s'est rendue à la terre par la rampe en fer de l'escalier. Dans la maison placée à l'entrée de la ville, la foudre, entrant par la terrasse, a percé le plafond du deuxième étage, a parcouru successivement les deux pièces de cet étage, est descendue au premier dont elle a parcouru également toutes les pièces; le courant s'est ensuite rendu au rez-de-chaussée, et de là, par une rampe en fer, s'est écoulé par la rue: toutes les chambres de la maison ont été plus ou moins endommagées et plusieurs objets ont été brisés, tels que glaces, boiseries, tableaux, etc. Enfin, dans la maison située entre l'église et celle dont il vient d'être question, la foudre a pénétré par une cheminée (côté de la mer), a parcouru les cuisines de tous les étages. Au premier, elle a percé une muraille, a passé par cette ouverture dans la cuisine de la maison voisine, s'est ensuite rendue à la cave et de là à la mer. Il n'y a aucun paratonnerre dans la localité.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	PERSONNES		ANIMAUX	
				tuées	atteintes	tués	attein
						MOIS DI	
22	9h 15 et 9h 30 s.	La Souterraine.	Creuse.	»	»	»	»
23	De 10h à 11h s.	Viverols.	Puy-de-Dôme.	»	»	»	»
26	2h m.	Pin-Moriès.	Lozère.	1	»	»	»
26	3h s.	Corvol-l'Orgueilleux.	Nièvre.	»	1	»	»
							MOIS
2	2h 25 s.	La Bazoche-Gouet.	Eure-et-Loir.	»	»	»	»
						MOIS DE	
11	5h s.	Relizane.	Oran.	»	»	3 moutons.	»
25	5h s.	Rimeize.	Lozère.	1 enfant.	»	3 moutons.	»

OBJETS FRAPPÉS. DESCRIPTION DES LIEUX. DÉGATS PRODUITS. OBSERVATIONS.

UILLET (SUITE).

2 La foudre est tombée deux fois, à 15 minutes d'intervalle, d'abord sur la cheminée d'une tannerie, de forme ronde, construite en briques et élevée de 22 mètres. Le couronnement est à moitié détruit, et la colonne lézardée, du côté sud, sur une longueur de 10 à 12 mètres à partir du sommet.
Ensuite sur une maison d'habitation, de 15 mètres, avec atelier de serrurerie, toiture conique quadrangulaire en tuiles. Le fluide a fendu la flèche de la charpente, a suivi plusieurs fils métalliques disposés au grenier, et enlevé une grande partie de la toiture; puis, descendant par la rampe de l'escalier garni en dessous d'une bande de fer et dont il a brisé un barreau en bois, le courant s'est perdu dans le sol en creusant un trou de 7 à 8 centimètres de profondeur.
Aucun dégât n'a été signalé dans l'atelier.

La foudre est tombée sur une maison d'habitation et d'exploitation d'une hauteur de 6 mètres, isolée d'autres bâtiments, couverte en tuiles et chaume, charpente en bois, et construite en chaux, sable et moellons. Le courant a suivi le toit du bâtiment aussi bien dans la partie couverte en tuiles que dans celle en chaume.
Le corps du bâtiment, le linge, le mobilier, les instruments aratoires ont été brûlés.
Le coup de foudre a été simple, il avait été précédé d'une pluie torrentielle.

La foudre est tombée sur un orme d'une dizaine de mètres, situé à 8 mètres du presbytère. Le courant a pénétré dans cette maison par une petite ouverture de la porte d'entrée; il est monté au premier étage par l'escalier et a tué une personne dans le passage d'une chambre à une autre. La personne foudroyée ne portait aucune lésion sur le corps. En face de la porte et à côté où elle a été frappée, le plâtre a été enlevé.

La foudre est tombée sur deux maisons de 16 mètres environ couvertes en tuiles.
Du même coup, le fluide, allant de l'est à l'ouest, a attaqué les deux toitures situées à 50 mètres l'une de l'autre, brisant plusieurs tuiles et détruisant plusieurs solives.
Un domestique a été renversé; ses vêtements ont été mis en lambeaux; il avait une écorchure au bras droit et éprouvait une courbature générale.

'AOUT.

La foudre est tombée sur une cheminée au sud-est d'une maison de 15 mètres; charpente en fer, couverte en ardoises et terminée en pyramide, surmontée de deux girouettes en tôle, et dominant de 7 à 8 mètres les habitations voisines.
Le fluide a suivi le conduit de la cheminée jusqu'au premier étage, où il a tordu le tablier métallique qui fermait le foyer. Il a projeté les chenets au milieu de la chambre; de là il est remonté par le passage qu'il avait suivi dans sa descente. Il a atteint trois autres cheminées sur la façade de la maison, et, en contournant l'habitation, il est venu atteindre une cheminée placée sur la façade postérieure, puis il a gagné le fil télégraphique.
La pièce du premier étage a conservé pendant une demi-heure une odeur de soufre et de fumée.
Personne n'a été atteint bien que la maison soit habitée par dix individus.

EPTEMBRE.

La foudre est tombée dans une plaine sans arbres, au milieu de champs cultivés, et à 150 mètres de la ligne télégraphique.
Elle a tué trois moutons.

La foudre est tombée dans un terrain inculte, au milieu des genêts et à 50 mètres d'une rivière.
Elle a tué un enfant et trois moutons qui se tenaient à l'abri sous des bouleaux, lesquels n'ont pas été touchés.
L'enfant a été frappé à la nuque; les bêtes sur diverses parties du corps.
Plusieurs personnes qui se trouvaient à 200 mètres de l'accident ont ressenti une forte commotion.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	PERSONNES tuées	PERSONNES atteintes	ANIMAUX tués	ANIMAUX atteint
							MOI
Du 22 au 23	Entre 11h s. et 1h m.	Alger.	Alger.	»		»	»
							MOIS D
							Néan
							MOIS D
							Néan

III. — Coups de foudre observés en Fra

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	OBJETS ATTEINTS dans les postes
					MOIS D
18	1h m.	La Charité.	Nièvre.	11 poteaux atteints. 19 isolateurs brisés.	»
					MOIS D
21	6h s.	Vico.	Corse.	20 poteaux foudroyés. Isolateurs atteints. Fil fondu en plusieurs points.	Pointes du paratonn fondues.
28	»	Selidon.	Oran.	1 poteau fendu par le milieu. Fil rompu.	
					MOIS D
27	»	Rilly-Sainte-Syre.	Aube.	10 poteaux touchés dont 3 brisés. 9 isolateurs cassés.	Paratonnerre et sonneri facteur brûlés.
28	2h 15 s.	Chalons-sur-Marne.	Marne.	»	Paratonnerre frappé. 2 bornes et la bobine partie fondues.

DATES	OBJETS FRAPPÉS. DESCRIPTION DES LIEUX. DÉGATS PRODUITS. OBSERVATIONS.

D'OCTOBRE.

La foudre est tombée en même temps sur la mosquée et sur une maison voisine, à peu près de même hauteur et dont les constructions sont en pierres et en bois. Elle a frappé : 1° le mât en bois fixé sur la tour de la mosquée, qu'il dépassait d'environ 6 mètres, et un coin de la lanterne de la tour; 2° un tuyau en tôle d'une cheminée de la maison. Ces deux points étaient culminants.

Sur la mosquée, la foudre a déchiqueté le mât jusqu'à la moitié de la hauteur et enlevé un coin de la lanterne.

Sur la maison, elle a démoli la cheminée et causé des dégâts dans la cuisine située au-dessous de la terrasse. Les briques de la cheminée ont été projetées sur cette même terrasse jusqu'à 10 mètres de distance. Le trou pour l'écoulement des eaux était bouché; à cet endroit la foudre a traversé le plafond et l'a démoli en partie. Elle a gagné ensuite le cabinet d'aisances et la rampe en fer de l'escalier, en creusant un léger sillon dans la main-courante de la rampe. En bas de l'escalier, elle a atteint la terre en soulevant quelques carreaux et en faisant un trou dans le béton du carrelage. Pas de traces d'incendie.

Il n'y a de paratonnerre ni sur les bâtiments atteints ni dans les environs.

OVEMBRE.

Néant.

DÉCEMBRE.

Néant.

1888 sur les lignes ou dans les postes.

	OBSERVATIONS

ANVIER.

2 poteaux ont été complètement foudroyés.

ÉVRIER.

9 poteaux ont été complètement brisés, 11 fendus. Les isolateurs ont été noircis, mais non brisés.

ARS.

Les témoins de l'accident ont vu d'abord un globe de feu enveloppant le paratonnerre pendant quelques secondes; puis une épaisse fumée pendant une demi-minute au moins. Cette fumée était accompagnée d'un bruit semblable à celui d'une petite machine à vapeur.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	OBJETS ATTEINTS dans les postes
					MOIS D
29	1ʰ m.	Mardore.	Rhône.	20 poteaux foudroyés.	4 pointes du paratonn[erre] émoussées ou brisées. 1 sonnerie fondue.
					MOI
1er	4ʰ 25	Bonifacio.	Corse.	7 poteaux entièrement brisés; 3 autres légèrement endommagés. Tous les isolateurs placés sur les 7 premiers complètement brisés.	
11	3ʰ m.	Saint-Parres-les-Vaudes.	Aube.	1 poteau touché. 2 isolateurs brisés.	
22	De 6ʰ 45 à 8ʰ s.	Toulouse.	Haute-Garonne.	»	8 paratonnerres brûlés.
23	Midi.	Ludon.	Gironde.	»	Paratonnerre brûlé.
23	6ʰ 55 s.	Toulouse.	Haute-Garonne.	»	1 paratonnerre brûlé.
23	7ʰ 40 s.	Lyon.	Rhône.	»	Paratonnerre brûlé sur lignes souterraines.
25	»	Pouillon.	Landes.	»	»
					MOIS D
1er	»	Olmeto.	Corse.	11 poteaux atteints.	»
2	»	Aïn-Sefra.	Oran.	9 poteaux foudroyés.	»
9	4ʰ s.	Tiaret.	Oran.	4 poteaux complètement brisés.	
13	5ʰ 20 s.	Aïn-Sefra.	Oran.	1 poteau foudroyé.	
15	8ʰ 50 s.	Aïn-Touta.	Constantine.	5 poteaux foudroyés. 4 isolateurs brisés sur un poteau.	Pointe du paratonne[rre] bobine de résistan[ce] parleur brûlées.
19	De 3ʰ à 4ʰ 20 s.	Lyon.	Rhône.	»	3 paratonnerres brûl[és]
19	3ʰ s.	Varennes.	Allier.	»	Sonnerie du facteur b[rûlée]
19	4ʰ s.	Néris.	Allier.	»	Sonnerie du facteur b[rûlée]
19	5ʰ s.	Maillet.	Allier.	11 poteaux atteints. 1 isolateur brisé.	»
21	1ʰ s.	Marseille.	Bouch.-du-Rhône.	»	4 paratonnerres brû[lés]
21	8ʰ s.	Bordj-ben-Arréridj	Constantine.	2 poteaux atteints. Fil rompu.	»

DATES	OBSERVATIONS

MARS (SUITE).

29 Le coup de foudre s'est produit au milieu d'un orage violent qui n'a pas duré moins de deux heures. L'orage était accompagné de pluie mélangée de grêle et d'un vent violent soufflant du sud-est.
Le tonnerre est tombé au milieu de la ligne de Thizy à Saint-Vincent, au village de Perrier, sur une route bordée de champs et de prairies.
Les poteaux ont été plus ou moins endommagés. Ceux du milieu de la ligne sont en particulier gravement atteints. De larges écailles ont été détachées et projetées à une distance de 20 à 40 mètres.
A chacun de ces poteaux, un sillon partant du point d'attache de l'isolateur, arrivait en bas du poteau, en spirale. Sur quelques-uns, la partie située au milieu de leur hauteur était comme boursouflée dans toutes les directions, de façon que le diamètre était devenu au moins double.
Le fil de la ligne n'a pas été endommagé.
Il en est de même des isolateurs, qui sont restés intacts.

D'AVRIL.

25 Fil rompu par la foudre, sur la route de Pouillon à Mimbaste. Aucun autre dégât n'a été signalé.

MAI.

1er Dont 2 complètement démolis.

2 Complètement mis hors de service. Ils ont été frappés à 300 mètres de distance.

15 2 des poteaux sont complètement hors d'usage, les 3 autres légèrement atteints.

19 Dont 8 légèrement entamés et 3 hors de service.

21 L'un des poteaux est brisé ; l'autre attaqué légèrement
[illegible]s d'isolateurs atteints.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS	
				sur les lignes	dans les postes
					MOIS DE
21	»	Rogliano.	Corse.	3 poteaux un peu endommagés. 1 isolateur détruit. Fil cassé.	Bobines du récepteur et d rappel brûlées. Fil du galvanomètre brûl aussi en plusieurs en droits.
23	»	Athies.	Somme.	»	Bobine du paratonnerr brûlée.
23	»	Marseille.	Bouch.-du-Rhône.	»	13 paratonnerres brûlés.
27	4h 15 m.	Châteauneuf-de-Randon.	Lozère.	10 à 12 poteaux fendus. Quelques isolateurs cassés; certains complètement disparus.	Feuille de mica brûlée. Plaque de cuivre forte ment endommagée.
27	11h m.	Monlabert.	Constantine.	4 poteaux atteints. 4 isolateurs brisés.	»
27	3h s.	Souk-Ahras.	Constantine.	8 poteaux frappés. 9 isolateurs brisés. 300 mètres de fil détériorés.	»
28	»	Gérardmer.	Vosges.	»	Téléphone brûlé à la mai son forestière de Retou nemer.
28	»	Dompaire.	Vosges.	»	1 paratonnerre émoussé; autre brûlé. Sonnerie du facteur aus brûlée.
28	10h m.	Marseille.	Bouch.-du-Rhône.	»	23 paratonnerres brûlés.
28	11h m.	Noves.	Bouch.-du-Rhône.	»	Sonnerie du facteur brûlé
28	12h s.	Lyon.	Rhône.	»	Paratonnerre brûlé sur l lignes souterraines.
28	12h 40 s.	Poligny.	Jura.	»	Appareil Morse mis ho de service.
28	3h 35 s.	Mirecourt.	Vosges.	»	2 paratonnerres brûlés. 1 parleur détérioré.
28	4h 30 s.	Mirecourt.	Vosges.	»	Sonnerie de la gare frapp
29	8h m.	Brignole.	Var.	8 isolateurs brisés sur 4 poteaux.	
29	10h m.	Djelfa.	Alger.	5 poteaux foudroyés.	»
					MOIS DE
5	Dans la nuit.	Corseul.	Côtes-du-Nord.	Une vingtaine de poteaux éraflés. 1 seul isolateur brisé.	
5	7h s.	Châteaudun.	Constantine.	9 poteaux frappés.	»
6	»	Briec.	Finistère.	6 poteaux foudroyés.	

DATES	OBSERVATIONS

MAI (SUITE).

27 Au moment où la foudre tombait sur le clocher de l'église, une décharge d'électricité s'est produite à l'entrée du bureau télégraphique. Un globe de feu d'environ $0^m,15$ de diamètre s'est instantanément détaché du fil de terre, s'est élevé presque jusqu'au plafond de l'appartement et a éclaté en produisant une explosion comparable à celle d'un revolver. Il a marqué son passage par une légère odeur de soufre.

27 L'un des poteaux est complètement cassé.

27 5 des poteaux ont été fendus par le milieu de haut en bas; les autres, sur une longueur de 1.500 mètres ne sont atteints que légèrement.
Des débris de poteaux ont été trouvés à 800 mètres de distance du point frappé.

28 La ligne était en communication avec le parleur au moment du coup de foudre.

28 Le fil allant de la bobine de l'électro-aimant à la terre a été fondu en face du disque de cuivre formant un des bouts de l'électro-aimant; le reste du fil de la sonnerie était intact; celle-ci fonctionnait parfaitement lorsqu'on réunissait les deux bouts du fil fondus.

29 Atteints de haut en bas. — La partie du haut, sur une longueur de $1^m,50$, est complètement brisée; le reste fendu.

JUIN.

5 Les quatre premiers ainsi que les deux derniers ont une rainure, du haut en bas, de forme hélicoïdale; le cinquième et le sixième ont complètement disparu; le septième est debout avec son isolateur, mais il ressemble à un paquet de lattes fendues en petits morceaux.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	dans les postes
					MOIS DE
6	»	Bourbonne-les-Bains.	Haute-Marne.	»	1 paratonnerre brûlé.
6	»	Saïda.	Oran.	4 poteaux brisés.	100 mètres de fil volatilisé
6	4h m.	Château-Porcien.	Ardennes.	8 poteaux atteints. 9 isolateurs cassés.	»
6	4h m.	Vesles-la-Vallée.	Seine-et-Oise.	»	Papier du paratonnerre perforé.
6	5h m.	Aiglemont.	Ardennes.	11 poteaux atteints. 3 isolateurs cassés.	»
7	4h 30 s.	Auneuil.	Oise.	5 poteaux brisés. 3 isolateurs cassés sur le 1er poteau.	»
7	5h 30 s.	Choisy-au-Bac.	Oise.	»	Paratonnerre frappé.
7	5h 30 s.	Rémy.	Oise.	»	Paratonnerre frappé.
8	5h s.	Saint-Rémy-en-Rollat.	Allier.	2 fils de bronze atteints. 1 autre coupé.	»
8	6h s.	Saint-Germain-des-Fossés.	Allier.	5 poteaux atteints. 15 isolateurs brisés. 1 fil de disque cassé.	»
8	6h s.	Fleurey-sur-Ouche.	Côte-d'Or.	»	Sonnerie du porteur brûlé
8	7h 30 s.	Talant.	Côte-d'Or.	3 poteaux foudroyés.	»
8	9h s.	Dijon.	Côte-d'Or.	»	Paratonnerre du poste téléphonique brûlé.
8	10h 25 s.	Lyon.	Rhône.	»	Paratonnerre brûlé.
8	11h s.	La Sauve-Majeure.	Gironde.	3 poteaux brisés complètement.	»
9	»	Plombières-lès-Dijon	Côte-d'Or.	»	Sonnerie du facteur brûlé
9	»	Saint-Aubin.	Saône-et-Loire.	1 poteau légèrement atteint. 3 isolateurs brisés.	»
9	De 2h à 8h 15 s.	Marseille.	Bouch.-du-Rhône.	»	8 paratonnerres brûlés.
9	5h s.	Cannes.	Alpes-Maritimes.	3 poteaux frappés. 3 isolateurs cassés. Fil rompu.	Poste téléphonique : Récepteur détérioré. Fil brûlé dans plusieurs parties.
9	5h 25 s.	Istres.	Bouch.-du-Rhône.	»	Sonnerie du facteur brûlé
10	11h m.	Saint-Honoré.	Nièvre.	8 poteaux légèrement atteints. 4 isolateurs brisés.	Fil fondu en deux endroits
10	1h s.	Ayen.	Corrèze.	»	Sonnerie du facteur brûlé

OBSERVATIONS.

JUIN (SUITE).

Deux de ces poteaux ont été coupés par le milieu; le bout supérieur de l'un a disparu avec ses isolateurs; des bandes d'aubier, dont deux légères, ont été enlevées sur les six autres.

Dont 8 ont dû être remplacés. Des bandes d'aubier de 4 à 5 centimètres ont été enlevées dans le haut de 3 de ces poteaux; un 4e a été fendu de la tête au milieu, un 5e traversé de la tête au pied, un 6e coupé en deux à 2 mètres du sol; d'un 7e, également coupé en deux, il ne reste que le cœur; un 8e a été fendu et a éclaté, un 9e a été aussi fendu entre le milieu et le sol; le dernier l'a été du haut au milieu.

Une vis a été projetée à 3 mètres d'un poteau.

2 poteaux sont fendus au sommet, et 3 sillonnés avec éclats assez volumineux.

Une des extrémités de la coupure a été fondue et une goutte de bronze s'est incrustée dans la porcelaine de l'isolateur qui est resté intact.

Des éclats ont été enlevés.

Des éclats de bois ont été enlevés en spirale à partir du sommet jusqu'à la terre pour le poteau intermédiaire; à partir du fil jusqu'à terre pour les autres.

Les éclats de bois ont été détachés et sont tombés sur le sol.

La foudre est tombée sur le potelet qui a fait office de paratonnerre. Puis elle a suivi le fil côté du poste le plus rapproché. Le conducteur a été fondu et rompu. Il était noirci sur une longueur de 50 mètres. Une partie du fluide est ensuite allée brûler le paratonnerre du poste. Les appareils n'ont eu aucun mal.

Un peuplier voisin a été brisé par le milieu.

Un chêne voisin, de grosseur moyenne, a été mis en éclats.

Les poteaux présentent un ruban de bois éclaté de 3 à 4 centimètres de largeur et de 1 centimètre de profondeur, du sommet à la base.

Le fil de ligne est rompu en quatre endroits sur 500 mètres environ.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	dans les postes
					MOIS DE
12	2h 55 m.	Bry-sur-Marne.	Seine-et-Oise.	»	Paratonnerre brûlé. Plaque de mica perforée.
13	4h m.	Bray et Lû.	Seine-et-Oise.	»	Paratonnerre et sonner du facteur brûlés.
15	Midi 30	Lyon.	Rhône.	»	Fils téléphoniques (Lyo brûlés.
15	3h s.	Le Biot.	Haute-Savoie.	»	Paratonnerre brûlé.
15	10h s.	Le Puits (commune d'Affreville).	Alger.	5 poteaux détériorés. 1 isolateur cassé.	»
17	3 s.	Signs.	Constantine.	4 poteaux foudroyés. 1 isolateur cassé.	»
19	6h 55 s.	Toulouse.	Haute-Garonne.	»	2 paratonnerres brûlés.
20	»	Château d'Oléron.	Charente-Infér.	»	Paratonnerre brûlé.
20	6h m.	Béreux.	Basses-Pyrénées.	1 poteau foudroyé. 1 isolateur brisé.	»
20	De midi à 1h s.	Toulouse.	Haute-Garonne.	»	6 paratonnerres brûlés.
20	De 2h à 8h s.	Eyguières.	Bouch.-du-Rhône.	»	Sonnerie du porteur brûl
20	De 3h à 6h s. et de 10h à minuit.	Marseille.	Bouch.-du-Rhône.	»	18 paratonnerres brûlés.
20	4h 45 s.	Ambert.	Puy-de-Dôme.	»	Plaque inférieure du par tonnerre brûlée.
20	5h s.	Narbonne.	Aude.	4 poteaux renversés.	»
21	Dans la nuit.	Vuillefans.	Doubs.	»	Paratonnerre frappé. Feuille de gutta percée. Métal arraché.
21	»	Rennes.	Ille-et-Vilaine.	Poteaux endommagés. Isolateurs décapités. Fil rompu.	»
21	10h m.	Saint-Saulge.	Nièvre.	»	Paratonnerre de la sonne brûlé.
22	»	Châtillon-en-Bazois.	Nièvre.	7 poteaux foudroyés. 3 isolateurs brisés.	»
22	2h 30 s.	Lyon.	Rhône.	»	Fils téléphoniques (Ma seille) brûlés.
22	4h s.	Djelfa.	Alger.	5 poteaux frappés.	»
22	4h 50 s.	Caylux.	Tarn-et-Garonne.	»	Paratonnerre foudroyé. Fil ténu et lame de gu brûlés.

DATES	OBSERVATIONS
JUIN (SUITE).	
15	Les poteaux ont été frappés de la tête au pied, en forme de spirale d'une profondeur de 3 centimètres; dont quatre successivement, un d'épargné et le suivant touché.
17	3 des poteaux sont fendus de haut en bas; l'autre est cassé à la pointe.
20	Le poteau a été labouré en spirale et mis hors de service. Un seul isolateur a été brisé sur le même poteau, l'autre reste intact. Pas de fusion ni de volatilisation de métaux.
20	Un papier déchiré en étoile, en deux endroits, par la foudre, a été trouvé le 2 août, dans le bureau de Gréasque. Il est probable que l'accident s'est produit lors de l'orage du 20 juin.
20	La foudre est tombée sur le bureau télégraphique. A un angle supérieur de la salle des archives se trouvent réunis les câbles, la conduite du gaz et le fil de terre. Le fluide, en suivant le fil de terre, a percé le tuyau, enflammé le gaz et le jet de flamme a brûlé l'enveloppe de gutta-percha qui recouvre les fils. Tous les fils ont été dénudés sur une longueur d'environ 50 centimètres. Il y a eu, à la suite de cet accident, plusieurs mélanges et dérangements, et il a été nécessaire de remplacer tous les câbles. Il s'était produit un commencement d'incendie qui a été promptement éteint.
[illegible]	La foudre est tombée sur une vigne vierge grimpant le long du mur du bureau télégraphique, a atteint le fil conducteur et a brûlé le paratonnerre.
[illegible]	Le fil semble avoir été complètement fondu. Il est recouvert de globules à l'endroit de la rupture.
[illegible]	1 poteau a été complètement détruit; les 6 autres n'ont été que légèrement atteints.
[illegible]	Dont 3 complètement foudroyés.
[illegible]	La foudre a suivi le fil du paratonnerre et s'est perdue à la terre. La receveuse a éprouvé une forte commotion dont elle s'est ressentie pendant plusieurs jours.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	OBJETS ATTEINTS dans les postes
					MOIS D[E]
12	5h s.	Vignonnet.	Gironde.	»	Fil de la ligne fondu et volatilisé. Sonnerie du bureau et sonnerie du facteur brûlées
13	»	Coclois.	Aube.	»	2 paratonnerres brûlés. Sonnerie du facteur détériorée.
13	»	Ramerupt.	Aube.	»	Pointes du paratonnerre émoussées. Lame de gutta perforée. Sonnerie du facteur brûlée
13	»	Ham.	Somme.	2 poteaux légèrement endommagés. 2 isolateurs brisés.	
13	»	Hornoy.	Somme.	7 poteaux atteints.	Paratonnerre et sonnerie du facteur brûlés.
23	»	Liomer.	Somme.	»	Sonnerie du facteur brûlée
23	10h 30 m.	Lyon.	Rhône.	»	Fils téléphoniques (Marseille) brûlés.
23	Midi 30	Sommesous.	Haute-Marne.	12 poteaux foudroyés, dont 3 brisés. 4 isolateurs cassés.	
23	1h s.	Vaupuisson.	Aube.	2 fils rompus.	»
23	3h s.	Signes. Le Beausset. La Cadière.	Var.	»	3 paratonnerres et 3 sonneries brûlés.
23	3h s.	Signes.	Var.	7 poteaux frappés. 4 isolateurs brisés.	»
23	10h 50 s.	Saint-Lubin.	Loir-et-Cher.	4 poteaux brisés.	2 sonneries de facteurs 1 parleur brisés.
24	De 2h à 5h s.	Gap.	Hautes-Alpes.	»	6 parleurs et 12 bobines paratonnerres brûlés. 2 feuilles de mica entièrement détériorées.
24	De 6h 25 à 7h 10 s.	Lyon.	Rhône.	»	4 paratonnerres brûlés.
24	7h s.	Angoulême.	Charente.	»	5 paratonnerres brûlés.
24	Dans la soirée.	Seurre.	Côte-d'Or.	»	»
24	10h s.	Joux-la-Ville.	Yonne.	8 poteaux atteints. Fil fondu en trois endroits.	Paratonnerre brûlé. Chaque plaque percée.
25	Dans la nuit.	Vigny.	Seine-et-Oise.	5 poteaux atteints.	Paratonnerre brûlé. Feuille de gutta perforée
25	2h s.	Chirac.	Corrèze.	7 poteaux atteints. 1 isolateur brisé.	»
25	7h m.	Lyon.	Rhône.	»	Fils téléphoniques (Ly[on]) brûlés.
26	8h s.	Lyon.	Rhône.	»	1 paratonnerre brûlé.

OBSERVATIONS

IN (SUITE).

Les poteaux sont marqués de traces longitudinales.

La foudre est tombée sur un potelet haut de 8 mètres, fixé sur une maison au moyen d'une tige en fer,

4 poteaux sont détruits complètement.

3 des poteaux sont fendus et hors de service.

Les récepteurs n'ont pas souffert.

Violent orage venant du sud.

Il s'est produit une détonation assez forte accompagnée d'une étincelle ressemblant à une fusée qui suivi le fil de sonnerie de l'appareil téléphonique. Pendant tout le temps qu'a duré l'orage, de crépitements dans le microphone ont précédé chaque coup de tonnerre.

5 poteaux sont complètement broyés. Les isolateurs sont intacts.

3 des poteaux ont des éclats de bois peu profonds ; les 2 autres sont plus endommagés.

4 poteaux sont complètement brisés.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	dans les postes
					MOIS D
27	»	Saulieu.	Côte-d'Or.	»	Sonnerie du facteur brûl
27	5^{h} 30 s.	Sasilly.	Indre-et-Loire.	3 poteaux fendus de haut en bas. 2 isolateurs brisés.	
28	2^{h} s.	Agonne.	Dordogne.	1 poteau légèrement atteint. 2 isolateurs brisés.	
					MOIS D
3	»	Nîmes.	Gard.	5 poteaux atteints. 5 isolateurs frappés.	»
3	Midi.	Faverges.	Haute-Savoie.	»	Paratonnerre et sonnerie facteur brûlés.
3	7^{h} s.	Tonnerre.	Yonne.	5 poteaux foudroyés. 6 isolateurs cassés.	»
4	»	Nîmes.	Gard.	7 poteaux frappés. 9 isolateurs brisés.	»
5	3^{h} s.	Crèvecœur.	Oise.	1 poteau fendu. 1 isolateur brisé. Fils mêlés.	
6	De 7^{h} à 8^{h} m	La Celle-Craonnaise.	Mayenne	»	Sonnerie du facteur brûlé
6	7^{h} 35 s.	Lyon.	Rhône.	»	1 paratonnerre brûlé.
7	4^{h} s.	Sarceaux.	Orne.	4 poteaux frappés. 4 isolateurs brisés.	»
8	10^{h} 30 m.	Argenteuil.	Seine-et-Oise.	»	Fils du paratonnerre brûlé
8	11^{h}45 m.	Cousigny.	Haute-Marne.	15 poteaux foudroyés. 1 isolateur écaillé.	»
8	2^{h} s.	Beaurieux.	Aisne.	6 poteaux atteints. 1 isolateur brisé.	»
8	4^{h} s.	Chaource.	Aisne.	4 poteaux foudroyés.	Fil de la ligne cassé.
10	Sur les minuit.	Fresnes.	Seine-et-Oise.	1 poteau frappé.	Pointe du paratonnerre et bobine de rappel brûlée
11	2^{h} s.	Mailley.	Haute-Saône.	7 poteaux atteints.	»
12	Dans la nuit.	Grandjean.	Charente-Infér.	2 poteaux atteints. 2 isolateurs brisés.	
13	2^{h} s.	Objat.	Corrèze.	»	Sonnerie du facteur brûlée
13	5^{h} s.	Réghaïa.	Alger.	12 poteaux foudroyés. 7 isolateurs brisés.	»
15	Midi.	Conques-sur-Orbeil.	Aude.	4 poteaux brisés. Fil fondu.	»
15	4^{h} 30 s.	Toulouse.	Haute-Garonne.	»	2 paratonnerres brûlés.
16	6^{h} s.	Vidauban.	Var.	4 isolateurs brisés sur deux appuis consécutifs.	

DATES	OBSERVATIONS
JUIN (SUITE).	
27	Fil des bobines brûlé; intérieur de la sonnerie entièrement noirci.
JUILLET.	
3	L'un des poteaux a dû être remplacé.
3	Les poteaux atteints, sur une longueur de 600 mètres, sont écorchés du haut en bas.
4	Les poteaux sont légèrement marqués par la foudre.
7	L'un des poteaux est fendu du sommet à la base. La surface des trois autres est déchiquetée.
8	La foudre a traversé le manipulateur en traçant une ligne de feu absolument droite, dans le bureau, où le bruit de la manipulation avait empêché d'entendre la détonation.
8	Les poteaux ont été atteints depuis le ferrement qui soutient l'isolateur jusqu'à la terre; le courant a suivi la fibre du bois.
8	Une partie du bois des poteaux a été enlevée sur la longueur. L'isolateur frappé était scellé sur une maison; ceux fixés aux poteaux n'ont pas été atteints.
8	L'un des poteaux a été séparé en deux : la moitié est restée debout, l'autre moitié est tombée en cassant le fil. Les trois autres sont frappés légèrement. Petite bande enlevée dans le sens du fil du bois.
10	Le poteau est fendu en plusieurs endroits. Le courant a laissé un point noir sur la bobine frappée.
11	Dont un mis hors de service. Aucun des isolateurs n'a été cassé; deux ont été arrachés; l'un de ces derniers était détaché complètement. La ligne, au point frappé, est près d'une colline.
13	Quelques-uns des poteaux sont légèrement atteints, principalement aux deux extrémités de la ligne. Sur 6 isolateurs à double cloche, 4 ont eu la tête coupée net, le tour en est resté intact.
15	3 des poteaux sont entièrement broyés; le 4e est fendu de haut en bas. Il s'est produit, dans l'intérieur du bureau télégraphique, une forte détonation suivie de flammes et de fumée.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	dans les p
					MO
17	3h 50 s.	Fondettes.	Indre-et-Loire.	1 poteau complètement pulvérisé. 2 isolateurs brisés.	
20	Vers 9h 30	Nully.	Haute-Marne.	»	4 pointes de pa émoussées.
22	De 4h à 5h s.	Louargat.	Côtes-du-Nord.	5 poteaux endommagés. Isolateur brisé.	»
22	6h s.	Ludon.	Gironde.	»	Fil de ligne brû
22	De 7h 30 à 8h s.	Dourdan.	Seine-et-Oise.	»	Sonnerie du fac
22	De 8h 30 à 11h s.	La Souterraine.	Creuse.	»	Pointe du parat due.
22	11h s.	Soize.	Aisne.	5 isolateurs brisés.	
23	Nuit du 22 au 23	Issou.	Seine-et-Oise.	6 poteaux légèrement lézardés. 1 isolateur brisé.	
23	Nuit du 22 au 23	Sucy-en-Brie.	Seine-et-Oise.	4 poteaux frappés. 1 isolateur brisé.	»
23	Nuit du 22 au 23	Villeneuve-Saint-Georges.	Seine-et-Oise.	»	Guérite de la bif lignes frappée
23	»	Marigny-le-Châtel. Marcilly-le-Hayer.	Aube.	»	Paratonnerre fra Sonneries des fa lées dans les
23	1h s.	Vigneulles. Saint-Maurice.	Meuse.	3 poteaux atteints. Fil rompu.	Paratonnerre br deux postes. Sonnerie du fact d'appel de Vi sonnerie du Saint-Maurice
23	11h s.	Lyon.	Rhône.	»	2 paratonnerres
25	Dans la nuit.	Hérimoncourt.	Doubs.	3 poteaux atteints.	»
25	6h 30 s.	Simacourbe.	Basses-Pyrénées.	2 poteaux foudroyés.	»
25	7h 45 s.	Toulouse.	Haute-Garonne.	»	2 paratonnerres
25	De 8h à 11h s.	Lauzerte.	Tarn-et-Garonne.	»	Isolateur de la trée du poste Paratonnerre et facteur brûlés
25	11h 30 s.	La Magistère.	Tarn-et-Garonne.	»	Bobines de l'ap brûlées.
26	»	Châteauneuf. Châteaumeillant. Dun-sur-Auron.	Cher.	»	3 galvanomètr magés.
26	10h 30 s.	La Magistère.	Tarn-et-Garonne.	»	Paratonnerre et nuit brûlés.
26	Dans la nuit.	Lyon.	Rhône.	»	4 paratonnerres

OBSERVATIONS

:T (SUITE).

enlevés. — Les câbles reliant le fil de ligne et le fil de sonnerie du facteur ont été brûlés au
int de raccordement avec les fils.

très violent. La porte donnant sur le jardin du receveur s'étant trouvée entr'ouverte, le fluide a
nétré dans le couloir, a brisé une vitre dans la porte intérieure et en a projeté les débris jusque
ns la rue.

oteaux sont légèrement atteints; le sommet du 4e est mis en morceaux.

a-percha recouvrant les fils a été fondue à l'intérieur de la guérite. — La porte de la rosace a été
gèrement brûlée.

sur le paratonnerre.
ort métallique de la plaque de terre à la plaque de ligne.

teaux sont éraflés de haut en bas; l'un d'eux est mis hors de service.
st volatilisé.
ques du bouton d'appel de Vigneulles sont fondues en partie.

à la partie supérieure et mis hors de service.

és en spirale; mis hors de service. Les isolateurs n'ont pas souffert.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS	
				sur les lignes	dans les postes
					MOIS D
29	1h m.	Pont-du-Navoy.	Jura	20 poteaux atteints. 8 isolateurs cassés.	»
29	7h 30 s.	Villeneuve-Saint-Phal.	Yonne.	»	Paratonnerre brûlé. Bouton d'appel du fac[t] fondu.
30	2h 30 s.	Arou.	Mayenne.	»	Sonnerie du facteur brû[lée]
					MOI
»	»	Ghisonaccia.	Corse.	6 poteaux atteints dont 4 complètement détruits. 12 isolateurs brisés par éclats.	
»	»	Roches.	Creuse.	12 poteaux brisés. 4 isolateurs détruits sur un parcours de 1.500 mètres.	
»	»	Nîmes.	Gard.	»	5 paratonnerres brûlés.
2	»	L'Isle-sur-le-Doubs.	Doubs.	»	Paratonnerre frappé. Lame de gutta perforée.
2	4a m.	Ville-aux-Clercs.	Loir-et-Cher.	3 poteaux cassés, 3 fendus, hors de service.	Sonnerie du facteur brû[lée]
2	De 2h 15 à 4h 30 s.	Marseille.	Bouch.-du-Rhône.	»	7 paratonnerres brûlés.
2	2h 25 s.	La Bazoche-Gouet.	Eure-et-Loir.	»	Paratonnerre et sonnerie[s] porteur brûlés.
11	»	Nîmes.	Gard.	11 poteaux frappés. 14 isolateurs atteints.	»
12	11h s.	La Côte.	Haute-Saône.	10 poteaux atteints.	»
14	Midi.	Salbris.	Loir-et-Cher.	4 poteaux foudroyés. 8 isolateurs cassés.	»
14	5h s.	Mieussy.	Haute-Savoie.	»	Paratonnerre brûlé.
14	8h s.	Saint-Jean-de-Livorsay.	Charente-Infér.	3 isolateurs brisés.	
14	11h s.	Marmagne.	Cher.	14 poteaux atteints par la tête. 99 isolateurs brisés.	
14	11h s.	Bardos.	Basses-Pyrénées.	11 poteaux atteints. 2 isolateurs brisés.	»
15	Minuit.	Doulcon.	Meuse.	9 poteaux frappés.	»
15	2h m.	Labussière.	Loiret.	5 poteaux brisés.	Sonnerie électrique brû[lée] Paratonnerre fondu.
15	Midi 48	Maillebois.	Eure-et-Loir.	»	Fil du paratonnerre brû[lé]
15	1h s.	Rochefort-en-Yvelines.	Seine-et-Oise.	3 poteaux atteints. 1 console d'isolateur arrachée.	Sonnerie du facteur brû[lée]
15	Après midi.	Bougival.	Seine-et-Oise.	4 poteaux foudroyés. 1 isolateur brisé.	»

OBSERVATIONS

ILLET (SUITE).

8 poteaux sont mis hors de service; ils sont rasés à 1 mètre du sol. Les 12 autres sont fendus de haut en bas ou creusés en forme hélicoïdale.

8 isolateurs et trois consoles sont intacts; ils ont été retrouvés dans un champ avoisinant la ligne.

Une toiture voisine a été défoncée et le panneau d'une porte cochère brisé

'AOUT.

Les deux plaques du paratonnerre à pointes et à lames de gutta-percha ont été légèrement fondues dans le sens de la longueur; mais les pointes n'ont reçu aucune atteinte. La bobine du récepteur a été détériorée et le fil du rappel par inversion a été fondu à l'entrée d'une bobine.

2 poteaux ont dû être remplacés; les autres sont à peine marqués par la foudre.

5 isolateurs ont disparu.

Dont deux ont dû être remplacés. Le fil n'a pas été coupé. Aucun isolateur n'a été mis hors de service.

1 poteau hors de service; petits éclats enlevés sur les 3 autres.

6 des isolateurs appartenaient au poteau brisé.

Au moment du coup de foudre, un choc violent s'est produit dans le poste télégraphique, semblable à un grand coup de marteau frappé sur une enclume.

2 poteaux seulement mis hors de service.

Ils sont plus ou moins éraflés du haut en bas; l'un a été remplacé.

La lame de gutta-percha a été légèrement fondue.

2 poteaux sont fendus du haut en bas; des débris du troisième, enlevés avec éclats, sont projetés à 25 mètres.

L'isolateur fixé à la console enlevée est resté suspendu au fil. Les autres isolateurs n'ont pas souffert.

2 poteaux sont fendus par le milieu; les 2 autres légèrement lézardés.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	OBJETS ATTEINTS dans les postes
					MOI
15	3h s.	Entrains.	Nièvre.	1 poteau foudroyé.	»
15	5h s.	Entre Creil et Amiens.	Oise.	2 poteaux brisés. Isolateurs arrachés. 9 fils mêlés.	
15	5h 30 s.	Flogny.	Yonne.	»	Paratonnerre frappé. Lame de gutta et fil de bine brûlés. Plaques perforées. Galvanomètre brûlé à l térieur.
15	De 7h 25 à 9h s.	Pontivy.	Morbihan.	»	Fil du paratonnerre vol lisé. Sonnerie du piéton f droyée.
16	»	Béthisy-St-Pierre.	Oise.	»	Paratonnerre frappé.
16	2h 30 m.	Lamotte.	Loir-et-Cher.	7 poteaux foudroyés. 17 isolateurs cassés.	»
16	3h 15 s.	Troyes.	Aube.	2 fils de bronze rompus.	»
16	3h 50 s.	Entre Tricot et Montdidier.	Oise.	1 poteau fendu. 2 isolateurs arrachés. Fils mêlés.	
16	4h s.	Troyes.	Aube.	»	Au télégraphe : parleur lé, fil des bobines fo Au téléphone : plusieur mes de gutta perfor bobine mise hors d'us
16	Le soir.	Prez-sous-la-Fauche.	Haute-Marne.	»	Fil du paratonnerre br Sonnerie du facteur fon entièrement.
17	De 8h à 11 m.	Toulouse.	Haute-Garonne.	»	5 paratonnerres brûlés.
17	3h s.	Saint-Florent, Saint-Amand, Sancoins.	Cher.	»	3 téléphones et 2 para nerres téléphoniques dommagés.
17	3h s.	Châteauneuf, Levet, Dun-sur-Auron, Châteaumeillant.	Cher.	»	6 paratonnerres brûlés.
17	3h s.	Genevreuille.	Haute-Saône.	9 poteaux légèrement frappés. 1 isolateur brisé.	
17	4h 45 s.	Ablis.	Seine-et-Oise.	6 poteaux atteints. 15 isolateurs brisés.	»
19	3h s.	Belloy.	Seine-et-Oise.	»	Sonnerie du facteur brû
20	»	Quinsac.	Gironde.	»	Sonnerie du facteur brû
20	6h s.	Le Biot.	Haute-Savoie.	»	Paratonnerre brûlé.
21	Dans la nuit.	Châlons-sur-Marne.	Marne.	»	Stries du paratonnerre gèrement fondues.

DATES	OBSERVATIONS
D'AOUT (SUITE).	
15	Il a été coupé en deux.
15	Un coin du clocher, voisin du bureau télégraphique, a été dégradé.
16	Les poteaux ont des éclats de bois enlevés de haut en bas, sans nuire à leur solidité (10 poteaux dans le parcours sont épargnés; les isolateurs de 2 poteaux frappés sont intacts.)
16	La foudre est tombée sur un poteau en fer, haut de 25 mètres, fixé sur une maison.
17	Les poteaux sont fendus légèrement de haut en bas,

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	dans les postes
					MOIS
22	»	Saint-Florent. Levet, Brécy, Châteauneuf, Vailly, Châtelet, Sancoins.	Cher.	»	8 sonneries d'appartem avec paratonnerres e dommagés.
22	Midi.	Maule.	Seine-et-Oise.	»	Sonnerie du facteur brûlé
24	10^h 30 s.	Tence.	Haute-Loire.	»	Sonnerie du facteur frappé
24 et 25	»	Toulouse.	Haute-Garonne.	»	1 paratonnerre brûlé.
25	De 2^h à 3^h m.	Saugues.	Haute-Loire.	»	Paratonnerre frappé. Feuille de gutta brûlée.
25	7^h m.	Saint-Élix.	Haute-Garonne.	Fils atteints sur une longueur de 9 kilomètres.	
25	9^h 30 m.	Dunières.	Haute-Loire.	»	Sonnerie du facteur frappé
25	De 1^h 45 à 2^h 15 s.	Oisseau.	Mayenne.	»	Sonnerie du facteur brûlé
25	6^h s.	Sens.	Yonne.	3 poteaux légèrement écorchés. 6 isolateurs cassés.	
25	Dans la soirée.	Marseille.	Bouch.-du-Rhône.	»	Nombreux paratonnerres brûlés.
26	7^h 30 m.	Brando.	Corse.	5 poteaux atteints dont 1 fendu de haut en bas. 2 isolateurs brisés par éclats.	
26	10^h s.	Uhart.	Basses-Pyrénées.	4 poteaux brisés. 1 isolateur brisé.	»
					MOIS D
»	»	Nîmes.	Gard.	»	4 paratonnerres brûlés.
»	»	Pithiviers.	Loiret.	»	Pointe de paratonnerre et de la bobine fondus.
2	6^h s.	Limoges.	Haute-Vienne.	Fil rompu.	4 sonneries, 5 paratonnerres, 2 galvanomètres atteints.
5	De 4 à 5^h	Djelfa.	Alger.	3 poteaux foudroyés. 1 isolateur cassé.	»
5	5^h s.	Aïn-Milila.	Constantine.	6 poteaux brisés en plusieurs parties. 6 isolateurs cassés, vis disparues.	
6	»	Saint-Ferme.	Gironde.	2 poteaux cassés au ras du sol et disparus.	»
6	»	Méchéria.	Oran.	4 poteaux entièrement brisés. 1 isolateur légèrement atteint.	

DATES	OBSERVATIONS
D'AOUT (SUITE).	
26	L'isolateur et les deux vis complètement disparus; les autres isolateurs restés intacts. Une meule de paille a été brûlée par la même décharge.
SEPTEMBRE.	
2	Les deux extrémités du fil de ligne étaient terminées par des gouttes de métal paraissant avoir été fondu. Les sonneries ont eu le fil des bobines légèrement dénudé, bien qu'on n'ait constaté aucun orage proprement dit. Il en a été de même pour les paratonnerres et les galvanomètres.
5	Dont 2 complètement broyés, le dernier coupé en trois morceaux.
6	Le fil n'était pas rompu.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS	
				sur les lignes	dans les postes
					MOIS DE
9	6h 30 s.	Ribaus.	Constantine.	1 poteau fendu au milieu. 3 isolateurs brisés. Fil rompu.	
9	Dans la nuit.	Harbonnières.	Somme.	»	Paratonnerre brûlé.
11	5h s.	Relizane.	Oran.	14 poteaux atteints. 3 isolateurs brisés.	»
12	Nuit du 11 au 12	Villefagnan.	Charente.	3 poteaux brisés. 4 isolateurs sur chaque poteau détruits.	
12	7h m.	Le Kroubs.	Constantine.	2 poteaux foudroyés. 1 isolateur cassé. 2 vis disparues.	»
12	3h 15 s.	Magny-en-Vexin.	Seine-et-Oise.	»	Sonnerie du facteur brûlée.
13	»	El-Kantour.	Constantine.	8 poteaux atteints.	»
15	»	Oued-Ténira.	Oran.	14 poteaux frappés. 1 isolateur brisé.	»
du 15 au 16.	Dans la nuit.	Mare-d'Eau.	Oran.	2 poteaux brisés. 7 isolateurs cassés. 2 fils coupés.	»
16	»	Fort de Liouville.	Meuse.	»	Commutateur spécial détérioré.
16	2h s.	Gondrecourt.	Meuse.	7 poteaux atteints.	Pointes du paratonnerre émoussées et fil de la bobine brûlé.
16	4h s.	Aïn-Milila.	Constantine.	4 poteaux atteints. 2 isolateurs cassés.	1 paratonnerre brûlé.
18	»	Nîmes.	Gard.	12 poteaux frappés. 22 isolateurs atteints.	»
24	»	Aïn-Touta.	Constantine.	5 poteaux foudroyés.	»
24	»	Caromb.	Vaucluse.	3 poteaux complètement foudroyés, du sommet à la base. 3 isolateurs brisés.	
24	Dans la journée.	Zéronia.	Constantine.	7 poteaux foudroyés.	»
24	2h s.	Targan.	Gironde.	»	Paratonnerre mis hors de service.
24	9h s.	Denicé.	Rhône.	4 poteaux frappés. 1 fil coupé.	»
25	6h s.	Tébessa.	Constantine.	2 poteaux atteints verticalement. 1 isolateur brisé sur chaque poteau.	
du 25 au 26	Dans la nuit.	Lamoricière.	Oran.	7 poteaux brisés.	»

DATES	OBSERVATIONS
SEPTEMBRE (suite).	
11	3 poteaux sont complètement foudroyés; les morceaux ont été projetés à une distance de 15 mètres.
12	Le premier poteau a été écharpé par le pied; la partie supérieure du deuxième a été fendue en deux, sur une longueur de 60 centimètres. L'isolateur n'a pas été détaché du fil. Des éclats de bois ont été trouvés à 20 mètres des poteaux.
13	Dont 2 foudroyés; les 6 autres complètement brisés.
15	L'un des poteaux a été mis hors de service; les autres sont légèrement atteints.
15 16	Tout le matériel mis hors de service.
16	Les parties métalliques des plaques sont volatilisées par place.
16	Les poteaux sont plus ou moins éraflés, principalement à la partie supérieure. Les câbles qui relient les fils de lignes aux appareils ont été surchauffés à tel point que la gutta-percha et le chanvre ont été complètement brûlés et que l'âme de ces câbles a été mise à nu.
18	4 poteaux ont été remplacés. La foudre a laissé trace de son passage sur les bois.
24	Dont 4 légèrement atteints; l'autre partagé en deux.
24	Dont 2 brisés entièrement.
24	Papier déchiré en étoile par la foudre.
24	Les poteaux sont légèrement atteints; les dégâts consistent en minces éclats de bois enlevés dans le sens de la longueur. Le fil semble avoir été fondu au point de rupture. Isolateurs intacts.
25 26	Dont 3 mis hors de service.

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS sur les lignes	OBJETS ATTEINTS dans les postes
					MOIS DE
27	2h s.	Aïn-Béida.	Constantine.	2 poteaux complètement détériorés. 2 isolateurs sur chaque poteau brisés.	
27	4h s.	La Meskiana.	Constantine.	3 poteaux atteints.	»
					MOIS
1	»	Aléria.	Corse.	6 poteaux atteints dont 3 complètement détruits. 1 isolateur brisé par éclats.	
2	8h s.	Lullin.	Haute-Savoie.	»	Sonnerie du facteur endom magée.
2	8h s.	Mieussy.	Haute-Savoie.	»	Paratonnerre brûlé.
2	11h 30 s.	Evian-les-Bains.	Haute-Savoie.	»	Paratonnerre brûlé.
3	»	Frangy.	Haute-Savoie.	1 poteau arraché.	
3	9h 30 s.	Chevenoz.	Haute-Savoie.	»	Paratonnerre brûlé.
4	6h s.	Chevenoz.	Haute-Savoie.	Poteaux détériorés.	
6	5 à 6h m.	Uzès.	Gard.	»	Paratonnerre brûlé. Fils des bobines des p leurs fondus.
6	8h s.	Saint-Cast.	Côtes-du-Nord.	4 poteaux brisés. 2 isolateurs cassés.	Fil fondu près d'un isol teur.
7	»	Tadjmont.	Alger.	4 poteaux atteints. 4 isolateurs brisés.	»
7	»	Sémaphore du Pouldru.	Morbihan.	»	Pointes du paratonnerre v tical émoussées. Bobines du récepteur br lées.
19	4h 15 s.	Tébessa.	Constantine.	1 poteau foudroyé.	»
26	4h s.	El-Bouaghi.	Constantine.	4 poteaux fendus de haut en bas.	
					MOIS D
2	1h s.	Rouillac.	Charente.	»	Fil du paratonnerre brû
11	9h s.	Saubusse.	Landes.	1 poteau légèrement atteint. 14 isolateurs brisés.	»
28	»	L'Isle-de-Seins.	Finistère.	»	Phare de l'Ile. Tous les appareils télég phiques brûlés ou dét riorés.
29	»	Corme-Écluse.	Charente-Infér.	8 poteaux brisés. 4 isolateurs cassés.	Sonnerie d'appel brûlée.
					MOIS D
1er	5h s.	Calvi.	Corse.	2 poteaux complètement détériorés.	

DATES	OBSERVATIONS
SEPTEMBRE (SUITE).	
27	Ils sont coupés à 1^{m},50 ; leur partie inférieure est complètement brisée.
D'OCTOBRE.	
6	Les poteaux réduits en petits morceaux. Un tuyau en tôle fixé sur le mur d'une maison voisine a été descellé et jeté à terre.
7	Deux des poteaux sont réduits en morceaux ; les deux autres sont fendus de haut en bas.
19	Le courant est tombé sur la pointe du poteau qu'il a fendu en deux.
NOVEMBRE.	
2	Le coup de foudre a été simple. Le fluide a parcouru tout le poste, semblable à une longue lance très rouge. Il n'existait aucun signe d'orage ; le tonnerre ne s'est fait entendre qu'au bout de cinq minutes.
11	Un arbre voisin a été aussi légèrement atteint.
DÉCEMBRE.	

DATES	HEURES	LOCALITÉS	DÉPARTEMENTS	OBJETS ATTEINTS	
				sur les lignes	dans les postes
					MOIS DI
18	8^h m.	La Terina.	Oran.	10 poteaux frappés. 1 isolateur brisé; 1 autre disparu. Fil rompu.	»
23	3^h s.	Nedromah.	Oran.	6 poteaux atteints. 2 isolateurs cassés. Fil rompu.	»
30	8^h s.	Marseille.	Bouch.-du-Rhône.	»	4 paratonnerres brûlés.
31	7^h m.	Boucoiran.	Gard.	»	Paratonnerre brûlé.

OBSERVATIONS
ÉCEMBRE (SUITE).
8 poteaux sont entièrement brisés et 2 légèrement atteints. Les deux derniers se trouvaient au commencement et à la fin de la ligne. 150 mètres de fil ont été hachés en petits morceaux et en partie fondus.
3 poteaux ont été complètement détruits; les éclats en ont été projetés à plus de 30 mètres. Les isolateurs ont complètement disparu, ainsi que les quatre vis. 40 mètres de fil ont été fondus.

NOTE

SUR LA

CONSTRUCTION DES LIGNES AÉRIENNES

Armement. — Les lignes télégraphiques aériennes construites avec le matériel actuel sont habituellement en poteaux de 8 mètres. On y place en les alternant huit isolateurs à courte tige, espacés de $0^m,50$ et occupant ainsi une hauteur de $3^m,50$. Quand la ligne est plus importante on ajoute en face de chaque isolateur court un isolateur à longue tige, ce qui donne une ligne simple à seize fils. En accouplant deux poteaux on a la ligne à trente-deux fils. Cet armement régulier ne présente aucune difficulté en ligne droite, il n'en est plus de même en courbe où l'on est obligé de soutenir le poteau par une jambe de force. Sur presque toutes les lignes l'accouplement se fait au moyen d'un boulon de tête, il en résulte que l'une des faces du poteau n'est plus disponible et que l'armement en courbe n'est plus le même qu'en ligne droite.

Ce mode de construction présente de graves inconvénients et il est bien préférable de conserver partout le même armement.

On y trouve les avantages suivants :

Faculté d'augmenter le nombre des fils sans avoir à remanier les fils déjà posés, ce qui est évident, car si une place est disponible sur un poteau elle le sera sur tous les autres qui sont rigoureusement semblables.

Aucun changement de côté pour les fils, ce qui nuit au bon maintien du réglage.

Faculté de poser les fils en hélice à pas serré pour combattre l'induction sur les lignes téléphoniques.

Pas d'isolateurs sur la jambe de force ce qui est une cause de déformation de l'accouplement, produite par le tirage des fils. De plus, lorsque la jambe de force est du côté de la voie, les fils ne sont pas retenus en cas de bris de l'isolateur.

Il est donc nécessaire d'éloigner la jambe de force du poteau en les réunissant au sommet par une ferrure qui donne un accouplement solide sans gêner l'armement.

Le système suivant, que j'ai employé à Bourges (depuis mars 1887) en quelques points d'angle, me semble remplir ces conditions.

On arme le poteau d'angle exactement comme le poteau en ligne droite, et on fixe la jambe de force au moyen d'un fer en forme de croix de Saint-André qui laisse toute la face d'accouplement disponible pour l'armement.

Ce croisillon (n° 1) (*fig.* 1) pèse 7^{k},500 en fer cornière de 3 kilogrammes par mètre courant. Il n'est pas plus lourd qu'une entretoise avec transversale telle qu'on l'emploie en mettant les deux poteaux parrallèles. L'accouplement est bien plus solide, car les deux poteaux sont reliés par des triangles qui sont indéformables si les fers ne cèdent pas.

Dans tout assemblage autre que le système triangulaire, il peut y avoir déformation.

L'accouplement se maintient aussi bien que possible dans le sens latéral à cause de la nervure du fer cornière.

Les *fig.* 1, 2 et 3 donnent les détails des ferrures.

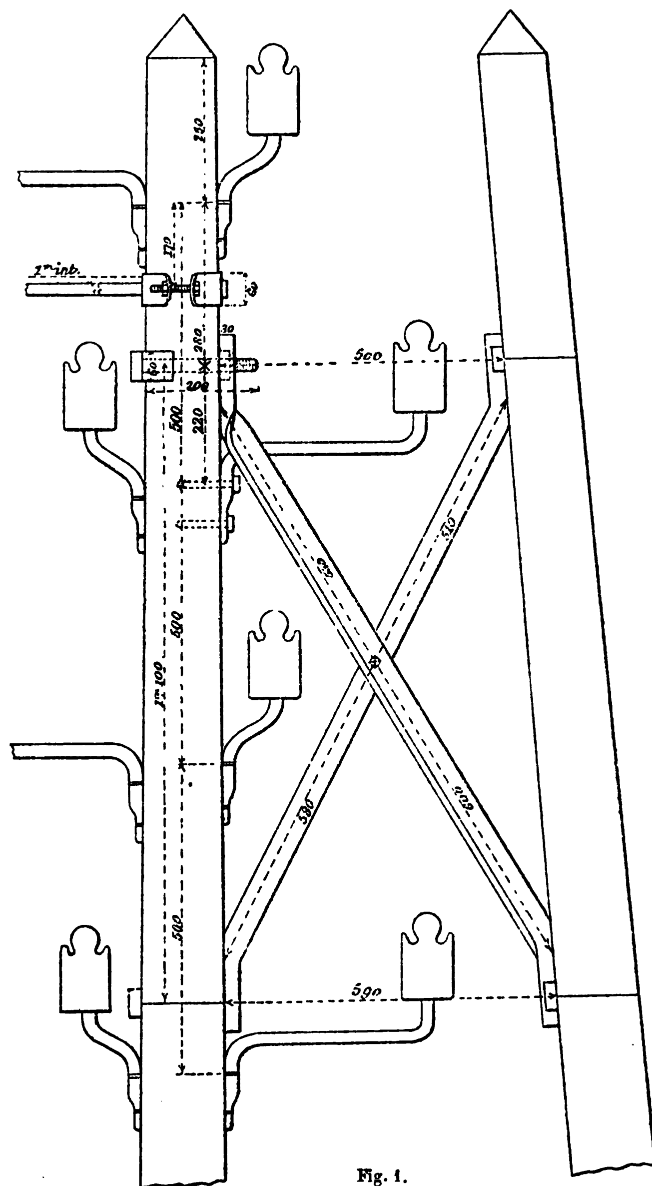


Fig. 1.

La pente est de 0m,08 par mètre donnant au sol 1 mètre pour le poteau de 8 mètres et 1m,16 pour les 10 mètres.

N° 1 ordinaire. Ailes, 50 × 30; épaisseur, 5mm; poids, 7k,500. — N° 2 fort. Fer cornière 50 × 35 × 6; poids, 9k,500. — N° 3 exceptionnel. Fer cornière, 55 × 45 × 6; poids, 11k.

La *fig.* 1 représente un croisillon d'accouplement dans le cas du tirage sur la voie.

La *fig.* 2 montre la platine de boulon en fer plat de 50×4^{mm} cintré sur cercle de 120 de diamètre.

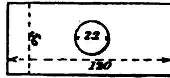


Fig. 2.

La *fig.* 3 indique la forme des boulons se divisant en trois séries principales :

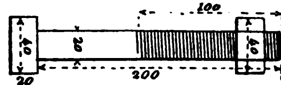


Fig. 3.

Boulon du haut. Fer rond de 20. Longueur, 180 millimètres.
Boulon du bas. Fer rond de 20. Longueur, 200 millimètres.
Boulons pour poteaux très forts. Fer rond de 20. Longueur, 250 millimètres.

Les dessins sont à l'échelle de 8/100.

Le croisillon n° 1 sert pour les lignes de bronze à trente-deux fils, avec emploi du croisillon n° 2 quand l'angle est de moins de 120 degrés.

Le croisillon n° 2 sert pour les lignes en fer à trente-deux fils, avec emploi du croisillon n° 3 quand l'angle est de moins de 120 degrés.

Ces croisillons peuvent se faire en U de même poids au mètre courant. On trouve ces fers plus difficilement dans le commerce.

Les croquis (*fig.* 4 et 5) indique la manière d'armer, dans le cas du tirage sur la voie et sur les champs; il y a une petite différence afin de conserver le premier isolateur court toujours du côté de la voie, de manière que la ligne soit partout pareille. J'ai essayé plusieurs modèles avant d'arriver au type que je propose. Je

suis arrivé à donner 1m,10 de hauteur pour augmenter la solidité de l'assemblage. La pose du fil qui est à l'intérieur du croisillon ne présente aucune difficulté.

Tirage sur la voie (fig. 4).

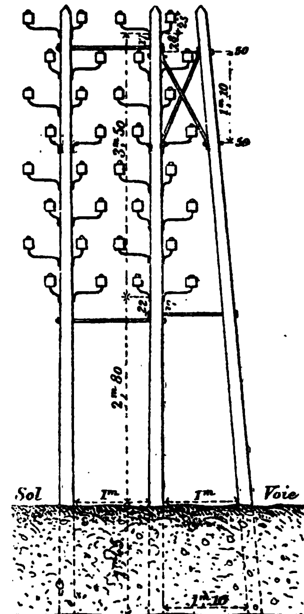


Fig. 4.

1re vis du 1er isolateur à 0m,25 de la base du cône.
1er boulon du croisillon à 0m,28 de la 1re vis du 1er isolateur.
Entretoise de ligne double à 0m,17 de la 1re vis du 1er isolateur; la partie filetée sur le poteau ajouté pour faire la ligne double.
Entretoise de la jambe de force à 0m,17 de la 1re vis du dernier isolateur, la partie filetée sur la jambe.
Entretoise de ligne double à 0m,22 de la 1re vis du dernier isolateur, la partie filetée sur le poteau déjà planté.

Tirage sur les champs (fig. 5).

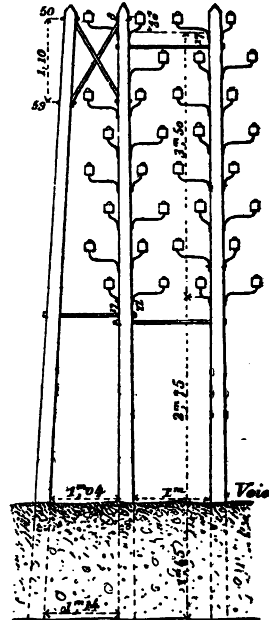


Fig. 5.

1er boulon du croisillon à 0m,08 de la base du cône.
1re vis du 1er isolateur à 0m,30 de la base du cône.
Entretoise de ligne double à 0m,17 de la 1re vis du 1er isolateur, la partie filetée sur le poteau ajouté pour faire la ligne double.
Entretoise de la jambe de force à 0m,17 de la 1re vis du dernier isolateur, la partie filetée sur la jambe.
Entretoise de ligne double à 0m,22 de la 1re vis du dernier isolateur, la partie filetée sur le poteau déjà planté.

En ligne droite, l'armement est le même; il suffit de supposer la jambe de force enlevée.

En ligne simple, l'armement est pareil; il suffit de considérer seulement les poteaux voisins des jambes de force et celles-ci.

Les *fig.* 6, 7, 8, 9 et 10 représentent le détail des ferrures pour poteaux.

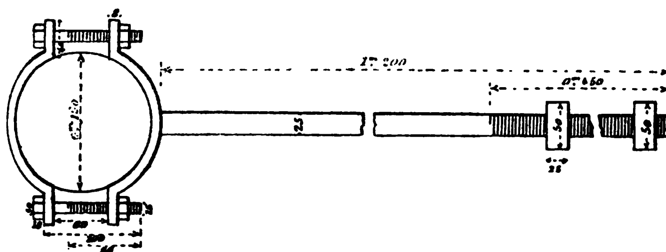


Fig. 6.

Fig. 6. — Entretoise à collier du haut. Fer rond de 25; fer plat de 60×8.
Si le poteau est ordinaire, on emploie les entretoises *fig.* 6 et 7*a*.
Si le poteau est fort, on emploie les entretoises *fig.* 7*a*, 7*b*.

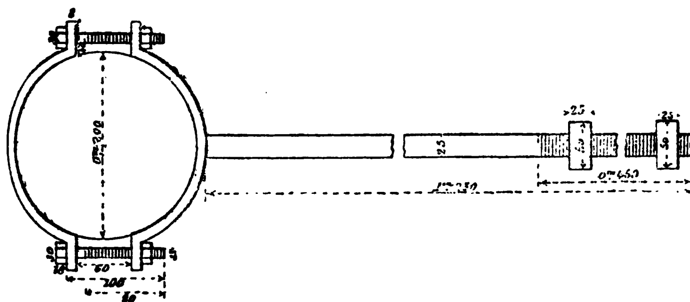


Fig. 7.

_a_ entretoise à collier du bas. Fer rond de 25; fer plat de 60×8.
_b_ entretoise du bas pour poteaux forts. Collier, 0m,230; longueur, 1m,280; filetage, 0m,450.
_c_ entretoise à collier de la jambe de force (semblable à _a_). Longueur, 1m,070; filetage, 0m,450.

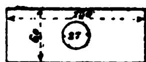


Fig. 8.

Fig. 8. — Platine d'entretoise. Fer plat de 60×5 cintré sur cercle de 120 de diamètre.

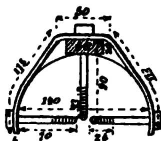


Fig. 9.

d collier d'isolateur de 280 (petit). Fer plat 40×4.
e collier de 300 (moyen). Cercle 160.
f collier de 320 (grand). Cercle 180.



Fig. 10.

Collier d'isolateur développé.

Les dessins sont à l'échelle de 12/100.

L'entretoise à un collier et à un bout fileté, pour l'assemblage de la jambe de force (*fig.* 7*c*), est plus commode que l'entretoise droite : si les deux trous ne sont pas exactement à la même profondeur, l'entretoise n'est pas horizontale, ce qui est très disgracieux. L'entretoise à un collier se règle, au contraire, très facilement.

On a souvent à doubler une ligne qui était primitivement simple. Dans ce cas, l'entretoise à collier est presque indispensable; il serait très difficile de percer deux trous à la même hauteur pour y placer l'entretoise droite.

Une deuxième entretoise est très utile au-dessous des isolateurs pour la consolidation du poteau ajouté qui, sans cela, tendrait à se courber. Il est encore préférable de se servir d'entretoises ayant, d'un côté, un collier, de l'autre, une partie filetée (*fig.* 6 et 7*a*); le réglage en est très commode. Ce réglage serait souvent impossible avec une entretoise à deux colliers à cause de l'irrégularité des poteaux, très délicat avec une entretoise droite. J'ai remarqué, sur les quelques accou-

plements de ce système qui sont en gare de Bourges, que la plantation avait été très facile.

L'accouplement par croisillon est aussi solide que l'accouplement avec boulon de tête, ainsi que l'expérience l'a prouvé. Le nombre des modèles de ferrure est très restreint; quelques-unes doivent être renforcées dans certains points difficiles, mais la distribution n'est pas compliquée par ce fait, car ces points sont connus d'avance, et on doit y employer aussi des poteaux plus forts.

Tension. — La tension des fils de fer et de bronze employés dans la construction des lignes sur chemins de fer et sur routes a été fixé à 1/5 de la charge de rupture à + 10 degrés (*).

Cette tension correspond au poids kilométrique pour les fils actuels.

On avait d'abord essayé pour les fils de bronze 1/8 de la charge de rupture à + 15 degrés, mais il en résultait de nombreux mélanges.

L'effet du vent est plus grand comparativement sur les lignes en fil de faible diamètre que sur les lignes en gros fil. En effet, la surface offerte est proportionnelle au diamètre et la résistance (poids et tension) est proportionnelle au carré de ce même diamètre.

Si, de plus, les fils de bronze sont moins tendus que les fils de fer, on se rendra facilement compte que le vent aura bien plus d'effet sur les premiers que sur les seconds.

Il faudrait, au contraire, pour résister au vent dans les mêmes conditions que les petits fils fussent plus

(*) Voir la note sur les tensions adoptées pour les divers fils télégraphiques ou téléphoniques, p. 162.

tendus proportionnellement que les gros, c'est-à-dire avec des flèches plus faibles.

Mais comme il ne faut pas dépasser en hiver la tension 1/4, on est amené à adopter la règle citée plus haut.

Arrêtage. — Pour que la ligne se maintienne bien réglée, l'arrêtage ne doit pas être fait à tous les appuis.

Cette condition est surtout essentielle pour les lignes en fil de bronze de petit diamètre.

Le fil étant arrêté à tous les poteaux, le moindre changement dans la position des supports fera varier la longueur de la portée sans changer la longueur du fil, puisqu'il ne peut pas glisser.

Or, une variation de $0^m,01$ dans la portée, sans changement de la longueur du fil, correspond à une variation de $0^m,14$ dans la flèche avec la portée de 80 mètres et la flèche de 1 mètre.

On a :

$$l = a + \frac{8f^2}{3a},$$

et

$$f = \sqrt{\frac{3a\,(l - a)}{8}},$$

Soit δa la diminution de la portée. On aura :

$$f_1 = \sqrt{\frac{3\,(a - \delta a)\,(l - a + \delta a)}{8}}.$$

En négligeant les termes du second ordre et posant $l - a = \lambda$,

$$f_1 - f = \sqrt{\frac{3a}{8}\,(\lambda + \delta a)} - \sqrt{\frac{3a}{8}\,\lambda},$$

$$f_1 - f = \sqrt{\frac{3a}{8}}\,(\sqrt{\lambda + \delta a} - \sqrt{\lambda}).$$

Dans le cas particulier choisi :

$$f_1 - f = \sqrt{30}\,(\sqrt{0,043} - \sqrt{0,033})$$

$$f_1 - f = 5,47\,(0,208 - 0,182) = 0^m,14.$$

Les effets sur la flèche sont donc considérables pour de faibles déplacements des isolateurs.

Ces déplacements sont produits, soit par la torsion des poteaux, soit par leur inclinaison par suite de tassement du terrain.

Il est facile de calculer qu'une torsion ou une inclinaison de quelques degrés suffiront à produire des déplacements d'isolateurs de plusieurs centimètres, et que les fils seront complètement déréglés.

La rotation est de $\frac{\pi D}{360}$ par degré, soit pour $D = 0^m,18$, $0^m,0016$ environ par degré, ou $0^m,01$ pour 6 degrés environ.

La torsion des poteaux est un fait bien connu et très accusé sur ceux qui ont leurs fibres en hélice, ce qui se voit par la direction des fentes.

L'effet produit sur le réglage des fils est surtout très marqué lorsqu'on passe d'une courbe à une ligne droite en raison du changement d'armement. Dans la courbe, les isolateurs sont du même côté avec l'armement actuel; dans la ligne droite, ils sont alternés. Si on admet les mêmes effets de torsion sur deux poteaux consécutifs ainsi armés, on voit que le premier et le troisième fil, par exemple, resteront parallèles, car, leur armement étant le même, la torsion des poteaux déplacera les isolateurs d'une quantité égale dans le même sens, mais le deuxième fil sera tendu ou détendu, car les isolateurs étant placés d'une manière différente sur les deux poteaux, la torsion les rapprochera ou les éloignera. Pour chaque centimètre de déplacement de chacun des isolateurs, la portée variera de $0^m,02$ et la flèche de $0^m,28$; les fils seront donc entièrement déréglés.

Il résulte donc de là que, toutes choses égales

d'ailleurs, le réglage se maintiendrait bien mieux si tous les poteaux étaient armés de la même manière. C'est une raison de plus d'adopter l'armement invariable.

L'effet dû au déplacement des isolateurs ne se produirait pas, si les fils n'étaient pas arrêtés à tous les poteaux et pouvaient glisser librement sur les supports.

En résumé, on peut adopter, pour les lignes de fer et de bronze, le même système de construction :

1° Armement invariable en courbe et en ligne droite, ce qui évite tout remaniement et maintient le réglage ;

2° Tension suffisante des fils sans danger de rupture, qui est fixée au cinquième de la charge de rupture à + 10;

3° Arrêtage des fils par section de 500 mètres et non à tous les appuis, afin de permettre un léger mouvement des appuis sans dérégler la ligne.

A. BARBARAT.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS

(Extrait du Rapport présenté au Congrès international des chemins de fer
par MM. E. SARTIAUX, chef du service télégraphique au chemin de fer du Nord,
et L. WEISSENBRUCK, Ingénieur au ministère des chemins de fer,
postes et télégraphes de Belgique.)

(*Suite*) (*).

CHAPITRE II. — L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS AU POINT DE VUE DU PRIX DE REVIENT.

S'il est impossible de dire que la question de l'éclairage électrique des trains est résolue définitivement au point de vue technique, on peut affirmer que des solutions satisfaisantes sont intervenues ou sont près d'intervenir. Il n'est donc pas inutile de rechercher quels résultats ont été obtenus au point de vue du prix de revient. Malheureusement, il nous est difficile d'élucider complètement cette question dès aujourd'hui, en raison du peu d'expérience que l'on possède encore à ce sujet. D'une part, la plupart des chemins de fer qui ont essayé la lumière électrique ne l'ont appliquée que pendant trop peu de temps pour que les résultats puissent être considérés comme concluants et seulement à des trains de luxe pour lesquels le prix de revient, même s'il est un peu élevé, passe au second plan. D'autre part, le prix de revient de l'éclairage à l'huile ou au gaz varie considérablement d'une administration à l'autre. Pour ce double motif, il n'est pas possible d'établir des comparaisons quelque peu exactes.

Nous ferons en sorte, cependant, de résumer tous

(*) Voir les *Annales télégraphiques*, 1890, p. 59.

les renseignements que nous avons pu recueillir à ce sujet.

1° *Piles primaires.*

Le prix de la production de l'électricité par les piles primaires est fort élevé. D'une manière générale, M. Protert (*) l'estime, dans les meilleures conditions et pour des installations fixes, à cinq fois celui de l'électricité produite par les dynamos. Pour l'éclairage des trains, on n'a jamais essayé de le fixer sérieusement. M. le directeur de la Compagnie des wagons-lits a témoigné à la session de Milan du prix élevé payé pour l'éclairage par le système Desruelles, mais sans donner de chiffres. D'après M. Dery, le coût était de 26 centimes par lampe-heure de 10 bougies normales (**). S'il faut en croire l'inventeur, le prix de revient de la lampe (qui avait à peine une intensité de 6 bougies) serait de $06^{c},3$ par heure (***).

2° *Accumulateurs seuls.*

D'après une note du *chemin de fer de Paris à Orléans*, dans des essais faits en 1883 avec des accumulateurs (Faure, Sellon, Volckmar de la *French Electrical Power Storage C°*), le prix de revient calculé d'après les offres de cette Compagnie aurait été de $0^{f},125$ par lampe-heure de 6 bougies. Ce chiffre est évidemment beaucoup trop fort aujourd'hui, ainsi qu'on le verra ci-après.

L'installation du *Boston Albany*, d'après M. Blodgett, a coûté 4.500 francs par voiture pour 22 lampes pouvant brûler pendant 10 heures.

Ce prix se décompose à peu près comme suit :

60 éléments à 63 francs	3.780 fr.
22 lampes avec supports, etc.	220
Boîtes et augets, fils, commutateurs, etc.	500
Total	4.500 fr.

soit 205 francs par lampe.

(*) Communication à la *Society of Arts* de Londres (28 mai 1884).

(**) Voir la note de l'Administration des chemins de fer de l'État belge, déjà citée.

(***) Voir le *Dictionnaire d'électricité* de MM. Dumont, Leblanc et de la Broyère, p. 193.

Cette dépense est donnée comme un maximum à cause des tâtonnements que l'on a dû faire à l'origine, les ouvriers n'étant pas encore habitués à ce genre de travaux. Nous ferons remarquer, de plus, qu'elle s'applique à des lampes de 16 bougies, que des lampes de 6 à 8 bougies munies de réflecteurs suffisent la plupart du temps et que le nombre d'éléments d'accumulateurs peut alors être d'autant plus réduit que leur fabrication a fait plus de progrès; le prix par élément a aussi beaucoup diminué dans ces derniers temps.

Un *editorial* de la *Railroad Gazette* du 8 février dernier présente le devis suivant pour 24 lampes et 10 à 12 heures d'éclairage :

50 éléments secondaires à 60 francs.	3.000 fr.
24 lampes avec supports, etc.	240
Boîtes et augets pour éléments.	250
Fils conducteurs, etc.	250
Total.	3.740 fr.

soit 155f,80 par lampe.

D'après la même source, si la durée de l'éclairage pouvait être réduite à 6 heures, ce capital serait ramené à 2.240 francs, soit 93f,33 par lampe.

Les frais d'exploitation se montent, d'après M. Blodgett, à 10 francs par voiture et par jour, soit 0f,5 par lampe-heure. Ce prix peut se détailler, croyons-nous, à peu près comme suit :

Intérêt à 4 p. 100 de 4,500 francs	180f,00
Amortissement à 30 p. 100 des batteries secondaires. .	1.134 ,00
Renouvellement des lampes tous les deux mois (après 600 heures).	660 ,00
Amortissement du reste du capital à 5 p. 100.	31 ,50
Chargement, 365 jours à 3f,75 par jour.	1.368 ,75
Salaires, surveillance, etc..	365 ,00
Total.	3.739f,25

soit 10f,24 par voiture.

M. Blodgett fait observer que le prix de 3f,75 pour le chargement par jour est anormal et temporaire et qu'il faut le doubler pour que l'entrepreneur puisse faire un bénéfice raisonnable.

En adoptant ce prix, la *Railroad Gazette*, dans son article déjà cité, arrive à 0f,0425 par lampe-heure, mais elle oublie le

renouvellement des lampes après 600 heures d'éclairage. En corrigeant son calcul, on trouve :

Intérêt à 4 p. 100 de 3.740 francs.	149^{f},60
Amortissement à 25 p. 100 des batteries.	750 ,00
Renouvellement des lampes tous les quatre à cinq mois (après 800 heures)	540 ,00
Amortissement à 5 p. 100 du restant du capital	31 ,00
Chargement des batteries (365 jours à 7^{f},50 par jour).	2.737 ,50
Salaires, surveillance, etc. (15 francs par train de 8 voitures et par jour).	684 ,37
Total.	4.892^{f},47

soit 13^{f},40 par jour et 0^{f},056 par lampe-heure.

La *Compagnie de la Suisse occidentale et du Simplon* établit de la façon suivante le prix de l'installation que nous avons décrite (7 lampes de 6 à 10 bougies — durée de l'éclairage : 5 à 8 heures par jour) :

Batterie (y compris la caisse).	350 fr.
7 lampes avec supports et réflecteurs	105
Montage et divers	100
Total.	555 fr.

soit 79^{f},30 par lampe.

Les frais d'exploitation ne sont pas donnés, mais ils peuvent s'estimer approximativement comme suit, dans le cas le plus défavorable (5 heures d'éclairage par jour) :

Intérêts à 4 p. 100 de 555 francs.	22^{f},20
Amortissement à 25 p. 100 des batteries (9 éléments à 35 francs = 315 francs)	78 ,75
Renouvellement des lampes au bout de 800 heures . . .	79 ,80
Amortissement à 5 p. 100 du restant du capital (205 fr.).	10 ,25
Chargement des batteries (2 chevaux-heures électriques par jour à 0^{f},15) (*).	109^{f},50
Salaires et divers, 0^{f},50 par jour pour 7 lampes.	182 ,00
Total.	482^{f},50

soit 1^{f},32 par jour ou 0^{f},038 par lampe-heure.

(*) Si l'éclairage électrique des trains était adopté d'une manière générale, il serait possible, soit d'utiliser pendant le jour l'installation d'éclairage d'une gare terminus, soit de créer une usine fonctionnant toute la journée. Le prix du cheval-heure électrique serait dans les deux cas très inférieur à 0^{f},15 et, en prenant ce chiffre, nous ne pouvons craindre de

Il est impossible de donner dès aujourd'hui des chiffres exacts sur le résultat obtenu dans l'application encore récente faite par la *Compagnie du Nord français* sur les voitures du club-train de la Compagnie des Wagons-lits. Voici une estimation approximative :

Prix de l'installation de 22 lampes pour 10 heures au minimum :

Batterie [16 × 60 = 960 francs (*) et caisse 200 francs].	1.160 fr.
22 lampes (à 3f,50 = 77 francs) avec réflecteurs, supports, etc.	450
Fils conducteurs et commutateurs, main-d'œuvre	160
Total.	1.770 fr.
Intérêt à 4,40 p. 100 de 1.770 francs	77f,88
Amortissement supposé égal à 15 p. 100 (**) des batteries (960 francs)	144 ,00
Renouvellement des lampes après 1.200 heures (**)	231 ,00
Amortissement à 6 p. 100 du restant du capital (733f)	43 ,98
Chargement des batteries à 0f,10 (**) par cheval-heure (8,8 par jour) (rendement 60 p. 100)	321 ,20
Salaires et divers, 2 francs par jour	730 ,20
Total.	1.548f,26

soit 4f,23 par jour ou 0f,019 par lampe-heure.

Sur la ligne de Helsingborg-Christiania (*Suède*), le prix d'une batterie d'accumulateurs entièrement placée avec tous ses accessoires a été de 1.400 à 2.100 francs pour les petits trains contenant une seule batterie de 28 éléments et de 5.500 francs

mécompte. Au chemin de fer du Nord français, dans la plupart des usines d'éclairage électrique, le cheval-heure revient à 0f,10, intérêt et amortissement compris.

(*) Le prix exact actuel par élément est de 61f,45. Ce prix se décompose comme suit :

		Prix.
Vase en chêne et en durci		21f,37
Plaques d'accumulateurs	positives	15 ,48
	négatives	18 ,56
Connexions complètes en cuivre		2 ,78
Eau acidulée		0 ,51
Dépenses diverses et main-d'œuvre		2 ,75
Total.		61f,45

(**) Ce chiffre est admis par le chemin de fer du Nord à la suite d'expériences toutes récentes.

pour les trains qui en contiennent deux. Le prix de l'installation électrique a été de 220 francs environ pour les petites voitures à 3 lampes et de 480 francs pour les voitures à 10 lampes.

Ajoutons encore, relativement aux essais du chemin de fer du *Nord-Est suisse* quelques prix qui ont été produits devant la Commission technique de l'association des chemins de fer suisses par M. l'ingénieur Haueter; on paye à la fabrique d'Oerlikon :

a) Une caisse d'accumulateurs à 2 compartiments environ. 105 fr.
b) — — 4 — — 200
c) Une lampe à incandescence de 6 à 10 bougies avec support, commutateur et abat-jour, suivant l'ornementation . . . . 12 à 20
d) Un commutateur principal avec les conducteurs, etc. (montage compris). 115

L'installation avec une caisse à 4 compartiments, 3 lampes à 10 bougies et 2 à 6 bougies, coûterait donc 380 à 450 francs. Pour 8 compartiments le prix augmenterait de 200 francs.

3° *Accumulateurs et dynamo mue par un essieu.*

Chemin de fer de l'État de Wurtemberg. — Le docteur Dietrich a fait des calculs minutieux au sujet du prix de revient. Dans le cas d'un éclairage comparable en intensité à l'éclairage au gaz et réalisé par 39 lampes d'un pouvoir éclairant total de 193 bougies, il a trouvé que, si chaque wagon était muni de deux batteries d'accumulateurs et que la dynamo ne servait qu'à les changer (c'est la disposition qui a donné les meilleurs résultats), les frais d'installation se monteraient à 12.337 marks (soit 395f,42 par lampe), et que les frais d'exploitation seraient les suivants :

	Marks.
4 p. 100 d'intérêt du capital.	493,00
30 p. 100 d'amortissement des accumulateurs	1.314,08
Renouvellement des lampes après 600 heures.	862,05
10 p. 100 d'amortissement du reste	772,06
Graissage et nettoyage (1 pfennig par cheval-heure) . .	73,59
Houille.	264,06
Pièces de rechange, etc.	89,00
Total.	3.700,00

soit par lampe-heure de 5 bougies 3pfen,74 ou 0f,0468. Ce prix

descend avec une seule batterie secondaire à $0^f,0375$ si les accumulateurs entrent en fonctions à partir du coucher du soleil pendant 5 heures environ et si ensuite les lampes ne sont plus alimentées par les accumulateurs que pendant le ralentissement et l'arrêt. Enfin, il se réduit à $0^f,0367$ si les batteries interviennent uniquement pendant le ralentissement et l'arrêt.

Chemin de fer du Sud-Ouest de la Russie. — D'après M. L. Guerquin, ingénieur électricien de cette administration, bien qu'il soit très difficile de donner des chiffres exacts, le prix de revient serait beaucoup supérieur à celui trouvé par le professeur Dietrich.

L'intallation du train d'essai a coûté près de 4.000 roubles ou 10.000 francs en mettant le rouble à $2^f,50$, soit $370^f,36$ par lampe.

Pendant les nuits longues où l'on éclaire 10 heures de suite, il serait de 2 copeks (*) ou de $0^f,05$ pour la lampe-heure de 5 bougies et de 1 1/2 copeck ou $0^f,0375$ pour celle de 3 bougies.

London Brigthon and South Coast Railway. — D'après le service télégraphique de cette Compagnie, la dépense de premier établissement est d'environ 10.000 francs par train et l'entretien d'environ 1.250 francs par train et par an.

4° *Accumulateurs et dynamo mue par la vapeur de la machine.*

Dans les essais du *Great Eastern*, le prix de revient de la lampe-heure était de $0^f,0354$, tandis que celui du gaz d'huile n'était que $0^f,0184$. On ne peut se fier à ces chiffres, le dernier étant évidemment trop faible.

Voici, d'après M. Verchovsky, le prix de l'installation du *train impérial de Russie :*

	Roubles.
La chaudière, la machine à vapeur et la dynamo . . .	8.810,00 (*)
Les fils conducteurs.	7.515,80
Appareils de mesure et signaux.	758,00
Commutateurs et coupe-circuits	888,50
Accumulateurs	3.960,00
Lustres, bras, lanternes et lampes.	4.173,00
Transport, travail, essais et divers.	2.823,60
Total.	28.928,90

(*) Le copeck vaut 1/100 du rouble. Le rouble-papier vaut $2^f,50$ environ.

D'après les calculs de M. Waite (*), voici le prix de revient de l'éclairage au *Connecticut River Railroad* (71 lampes allumées pendant 6 heures) :

La dépense de premier établissement est de 12.500 francs, soit de 170 francs par lampe.

La dépense d'exploitation peut s'évaluer comme suit :

Intérêts du capital à 6 p. 100	750 fr.
Renouvellement des lampes (355 francs à 70 p. 100). .	250
Amortissement	500
Réparation aux accouplements, renouvellement des liquides, etc. (12f,50 par mois).	150
Consommation de charbon [(3kg,5) × 6 par jour à 0f,02 le kilogramme pendant 310 jours].	780
Total (pour 310 jours). . .	2.430 fr.

soit 0f,11 par lampe et par jour ou 0f,0183 par lampe-heure.

Mais ainsi que le fait remarquer le *Railway Rewiew* (**), certains postes sont trop peu élevés.

En supposant que 2.000 francs représentent le capital des accumulateurs, il faut prévoir au moins 500 francs par an pour l'amortissement de cette somme.

Le calcul peut être refait approximativement comme suit :

Intérêts du capital à 4 p. 100.	500 fr.
Amortissement et entretien des accumulateurs	500
Renouvellement des lampes après 800 heures.	817
Amortissement du restant du capital à 5 p. 100.	500
Consommation de charbon (10kg,5 par heure) (***) . . .	2.340
Salaires, etc., à 7 francs par jour.	2.170
Total (pour 310 jours) . .	6.827 fr.

soit 0f,31 par lampe et par jour ou 0f,0517 par lampe-heure. Mais le prix de l'installation a été calculé trop lagement, pensons-nous.

La *Railraod Gazette* arrive à un prix de revient très inférieur.

(*) Voir la conférence de M. Waite précitée.

(**) Voir un « editorial » de la *Railway Review* (numéro du 16 mars dernier).

(***) On suppose des lampes de 24 volts et de 1amp,2 consommant 29,9 watts par heure, soit en tout 2,1 kilowatt-heure. D'une manière générale, on peut admettre qu'il faut 5 kilogrammes de charbon pour produire 1 kilowatt.

Elle admet qu'il faut 3.437f,50 par voiture pour un train de 8 voitures ayant 24 lampes par voiture (total 27.500 francs), les accumulateurs étant comptés pour 1.500 francs par voiture dans cette somme (réserve d'éclairage de 5 à 6 heures).

La dépense annuelle du train s'établit ainsi pour 6 heures d'éclairage par jour :

Intérêt à 5 p. 100 de 27.500 francs	1.375 fr.
Amortissement et entretien des accumulateurs à raison de 25 p. 100 de 1.200 francs.	3.000
Amortissement du restant du capital à 10 p. 100. . . .	1.550
Combustible (20 chevaux électriques pour le train, 4 kilogrammes de charbon par cheval à 0f,02 le kilogr.).	3.500
Surveillance, etc. (15 francs par jour)	5.475
Total.	14.900 fr.

soit 0f,0345 par lampe-heure. Il est à remarquer que rien n'est prévu pour le renouvellement de 192 lampes après 800 heures, soit au moins 2.700 francs par an. D'autre part, le troisième poste pourrait être réduit à 5 p. 100 de 14.540 francs, soit à 727 francs. Les frais d'exploitation sont ainsi portés à 16.773 francs, soit 0f,0396 par lampe-heure.

Mais le prix de l'installation paraît un peu exagéré. Ainsi, les accumulateurs ont une capacité suffisante pour assurer à eux seuls l'éclairage pendant 6 heures.

De plus, il n'est pas tenu compte de l'économie obtenue si la vapeur d'échappement est affectée au chauffage du train. Le coût est alors de 0f,0328 seulement.

5° *Éclairage des trains dans les tunnels au moyen d'un rail central.*

Nous n'avons pas de chiffres exacts à ce sujet, mais il résulterait des expériences faites en Angleterre et en Russie, que l'économie réalisée atteindrait le tiers du prix de l'éclairage au gaz.

chaque voiture, avec une batterie par lampe, le chargement des accumulateurs étant fait à l'aide d'usines fixes, et les batteries étant chargées soit sur place sans manutention, soit dans l'usine avec manutention, comme les lampes à huiles.

Nous avons vu que le poids des accumulateurs et de tous les appareils nécessaires à l'éclairage des 21 lampes électriques d'une voiture-salon est de 550 kilogrammes.

Il n'est donc pas plus considérable que celui des appareils Pintsch, qui varie en pratique entre 450 à 600 kilogrammes par voiture-salon, d'après les renseignements obtenus par M. Pol Lefèbre et consignés dans son rapport sur la question du poids mort des trains.

Si des raisons spéciales font désirer de supprimer le transbordement des accumulateurs et que le train ne puisse être immobilisé pendant le temps nécessaire au chargement, les expériences faites en Amérique et en Angleterre montrent qu'il n'est pas impossible de le rendre entièrement indépendant tout en conservant la faculté de séparer les voitures. Il suffit de placer une dynamo dans un fourgon et de la faire actionner soit par un essieu, soit par la vapeur de la locomotive. Cette solution semble, dans certains cas, pouvoir être économique avec des trains d'une certaine longueur dont la composition ne varie pas, surtout si on la combine avec le chauffage à vapeur.

CONCLUSION.

Si, comme d'autres rapporteurs, nous devions nous borner à la simple constatation de ce qui est consacré

par l'expérience, nous devrions nous abstenir de toute conclusion, puisque les essais d'éclairage électrique datent d'hier et que, malgré les résultats importants obtenus, aucun d'eux n'est définitif.

La Commission technique de l'Union des chemins de fer suisses, dans sa séance du 2 novembre dernier, a formulé la conclusion suivante :

« Eu égard à l'état actuel de l'éclairage électrique, on ne peut encourager le développement de l'éclairage au gaz des voitures de chemins de fer. Il est préférable d'étudier le système de l'éclairage des voitures à l'électricité et de chercher à le perfectionner par des essais pratiques. »

Sans aller aussi loin, nous proposons aux deuxième et troisième sections réunies de se rallier au projet de conclusions suivant :

« Le Congrès, constatant les progrès sérieux et considérable réalisés depuis peu d'années dans l'éclairage électrique, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique, pense qu'il est désirable que les administrations de chemins de fer continuent les essais entrepris. »

(*A suivre.*)

NOTE

SUR LES

TENSIONS ADOPTÉES POUR LES DIVERS FILS

TÉLÉGRAPHIQUES OU TÉLÉPHONIQUES

Pour étudier quelles sont les tensions à adopter pour les fils télégraphiques ou téléphoniques à diverses températures, il est nécessaire de se rendre compte des variations qui se produiront dans le coefficient de sécurité, c'est-à-dire la fraction de la charge de rupture à laquelle on fait travailler le fil.

Un moyen simple, c'est d'avoir recours à des courbes calculées d'avance.

Voici comment ont été construites celles qui figurent sur les quatre planches ci-jointes :

Dans les *Annales* de mai-juin 1887 (*), j'ai montré qu'on avait la relation suivante en négligeant les quantités du second ordre :

$$\theta = \frac{a^2 d^2}{24 \alpha_1 q^2} (K^2 - K_0^2) + \frac{\varepsilon_1 q}{\alpha_1} \left(\frac{1}{K_0} - \frac{1}{K} \right).$$

Dans laquelle :

ε_1 est le coefficient d'allongement par mètre linéaire pour un accroissement de tension de 1 kilogramme par millimètre carré, multiplié par 10^6;

α_1 le coefficient de dilatation linéaire, multiplié par 10^6;

(*) Voir *Annales télégraphiques* 1887, p. 229.

d la densité;
q la charge de rupture par millimètre carré;
a la portée;
$\frac{1}{K_0}$ le coefficient de sécurité choisi pour l'origine des températures;
$\frac{1}{K}$ le coefficient de sécurité auquel travaille le fil;
θ la température comptée à partir du moment où le coefficient de sécurité était $\frac{1}{K_0}$.

Cette formule donne des résultats rapides et exacts. Je l'ai comparée à une formule complète du troisième degré donnée dans un mémoire de M. Cloeren à la Société belge des électriciens, et j'ai trouvé les mêmes résultats.

Pour toutes les tables, j'ai adopté pour coefficient $\frac{1}{K_0}$ le chiffre $\frac{1}{5}$, c'est-à-dire que les températures sont comptées à partir du moment où le fil travaille au $\frac{1}{5}$ de la charge de rupture; mais on peut ajouter ou retrancher une même température. Les chiffres calculés ne sont pas absolus, mais seulement relatifs; c'est pour cela que l'on trouve des températures de 100 degrés et plus, qui sans cela n'auraient aucun sens.

TABLE I. *Fer.*

On a pris $\alpha_1 = 12{,}35$, $\varepsilon_1 = 54$, $d = 7{,}8$, $q = 5d = 39^k$. (La charge de rupture du fil de fer est de 38 à 40 kilogrammes. En prenant 39 ou 5 fois la densité, on voit que lorsque le fil travaille au $\frac{1}{5}$ de sa charge de rupture, sa tension est égale au poids kilométrique. Ce

poids est une quantité bien connue et facile à se rappeler.)

En faisant varier le coefficient K, on en déduit les diverses valeurs de θ pour chaque portée a.

Sur le graphique, on a pris K pour ordonnées et les températures pour abscisses pour dix portées différentes.

On voit immédiatement que plus la portée est faible, plus les variations de température influent sur la tension, ce qui est un fait expérimental bien connu.

Les courbes des températures $\theta = f(K)$ sont du troisième degré en K et présentent un point d'inflexion qu'on calcule en annulant $\frac{d^2K}{d\theta^2}$. Or :

$$\frac{d^2K}{d\theta^2} = -\frac{\frac{d^2f}{dK^2}}{\left(\frac{df}{dK}\right)^3}.$$

Il faut donc que $\frac{d^2f}{dK^2} = 0$. Or,

$$\frac{df}{dK} = \frac{2a^2d^2}{24\alpha_1 q^2}K + \frac{\varepsilon_1 q}{\alpha_1}\frac{1}{K^2};$$

et, par suite,

$$\frac{d^2f}{dK^2} = \frac{2a^2d^2}{24\alpha_1 q^2} - \frac{2\varepsilon_1 q}{\alpha_1}\frac{1}{K^3} = 0;$$

d'où

$$K^3 = \frac{24\varepsilon_1 q}{a^2}\left(\frac{q}{d}\right)^2.$$

Pour le fer,

$$K^3 = \frac{129 \times 10^4}{a^2}.$$

Pour la portée de 80 mètres, on a :

$$K^3 = 202;$$

d'où :

$$K = 5{,}85 \text{ environ.}$$

Connaissant le coefficient de sécurité, on en déduit facilement, pour chaque portée, la tension et la flèche.

En effet :

$$T = \frac{Q}{K}$$

(Q = charge de rupture totale.)

Comme pour le fer, on a pris $q = 5d$, $Q = 5P$, P étant le poids kilométrique, et on a :

$$T = \frac{5P}{K}.$$

On portant T en abscisse, on aura des hyperboles qui ont été construites pour cinq valeurs de P correspondant aux fils de 2, 3, 4, 5 et 6 millimètres de diamètre.

On a :

$$f = \frac{a^2 p}{8T};$$

d'où :

$$f = \frac{a^2 p}{\frac{8 \times 5P}{K}} = \frac{a^2 K}{4.10^4}.$$

En portant f en abscisse encore, on a des lignes droites pour les diverses valeurs de a.

De sorte que, sur le graphique, on a, pour chaque fil, la température, la flèche, la tension et le coefficient de sécurité en fonction les uns des autres.

Mais il reste à fixer la température que l'on veut adopter pour le coefficient de sécurité $\frac{1}{5}$. Il ne faut pas que, par les plus grands froids, le coefficient de sécurité devienne trop faible, et, d'un autre côté, on ne doit pas avoir de trop grandes flèches sous peine de nombreux mélanges.

L'expérience prouve qu'on doit faire travailler le fer entre $\frac{1}{6}$ et $\frac{1}{4}$ de sa charge de rupture. — En tenant compte de cette condition, *on a adopté*, *comme règle*, $\frac{1}{5}$ *de la charge de rupture ou une tension égale au poids kilométrique à* + 10°. (Conférence technique de 1889.)

Il suffira d'ajouter + 10° à toutes les températures sur le graphique n° 1, et on en déduira pour la portée-type de 80 mètres et le fil de 4 millimètres les données suivantes :

TEMPÉRATURE	TENSION pour le fil de 4 millimètres	FLÈCHE pour la portée de 80 mètres	COEFFICIENT de sécurité	OBSERVATIONS
	kil.	mèt.		
— 10	132	0,608	1/3.80	On calculera la tension pour un fil d'un diamètre différent en multipliant par le rapport des carrés des diamètres. La flèche et le coefficient de sécurité sont les mêmes.
5	122	0,655	1/4.10	
0	114	0,700	1/4.38	
+ 5	106	0,750	1/4,69	
10	100	0,800	1/5	
15	94	0,850	1/5.31	
20	88	0,905	1/5,65	
25	83	0,960	1/6	
30	79	1,015	1/6,31	

Ces chiffres conviennent très bien pour la construction d'une ligne sur chemin de fer.

Les flèches ont été calculées dans la table par la formule $f = \frac{a^2 p}{8T}$, c'est-à-dire comme si la chaînette se confondait avec une parabole. Ce n'est pas tout à fait exact pour les grandes portées. Néanmoins, l'approximation est très grande. Ainsi, pour les plus grandes flèches inscrites dans la table, soit 12 mètres, la correction n'atteint pas $0^m,06$, soit 0,5 p. 100.

La tension est celle qui correspond au point le plus bas.

La tension au point d'appui s'obtient en ajoutant le poids d'une longueur de fil égale à la flèche.

Pour la flèche de 12 mètres, l'augmentation est de 3 p. 100.

TABLE II. *Bronze télégraphique.*

On a pris $\alpha_1 = 17{,}5$, $\varepsilon_1 = 78$, $d = 9{,}15$, $q = 5d = 45^k{,}75$. La densité 9,15 résulte du poids kilométrique des fils usuels de $0^m{,}002$ et $0^m{,}0025$. Cette densité est supérieure à celle du cuivre 8,9.

La charge de rupture a été prise encore égale à cinq fois le poids kilométrique, comme pour le fer. Le cahier des charges indique 45 kilogrammes par millimètre carré, et de nombreux essais donnent 46 à 47.

Le coefficient de dilatation est celui du cuivre.

Quant au coefficient d'allongement, il résulte d'essais faits en Belgique à l'usine Montefiore par M. Cloeren (*Bulletin de la Société des électriciens belges*, janvier 1888).

C'est aussi celui que l'on trouve dans certains formulaires pour le cuivre dur. Ce chiffre ne peut toutefois être considéré comme applicable à tous les fils de bronze télégraphiques.

Si on considère ce qu'on appelle le coefficient d'élasticité E défini par la formule $T = Ei$ pour l'unité de section et de longueur, i étant l'allongement non permanent, on voit que ε n'est autre chose que $\frac{1}{E}$, puisque c'est l'allongement pour $T = 1$. L'agenda Oppermann donne 12.000 à 13.000 pour E, soit $\varepsilon = 83.10^{-6}$ à

77.10^{-6}, ce qui correspond bien au chiffre 78.10^{-6}, trouvé par M. Cloeren.

Les courbes ont été tracées sur le graphique 2 pour dix portées (les mêmes que pour le fer) et pour huit sortes de fils, 0^m,0015, 0^m,002, 0^m,0025, 0^m,003. 0^m,0035, 0^m,004, 0^m,0045, 0^m,005.

On a adopté pour le bronze télégraphique la même règle que pour le fer, c'est-à-dire que la tension de $\frac{1}{5}$ *de la charge de rupture, ou égale au poids kilométrique, doit être prise à* 10 *degrés.*

En ajoutant donc $+10°$ à toutes les températures sur le graphique n° 2, on en déduira pour la portée de 80 mètres et le fil de 2 millimètres les données suivantes :

TEMPÉRATURE	TENSION pour le fil de 2 millimètres	FLÈCHE pour la portée de 80 mètres	COEFFICIENT de sécurité	OBSERVATIONS
	kil.	mèt.		
— 10	38,6	0,605	1/3,78	On calcule la tension pour un fil de diamètre différent en multipliant par le rapport des carrés des diamètres.
5	35,8	0,649	1/4,05	
0	33,4	0,695	1/4,34	
+ 5	31,2	0,746	1/4,66	
10	29	0,800	1/5	
15	27	0,860	1/5,36	
20	25,2	0,920	1/5,74	
25	23,6	0,980	1/6,13	
30	22,2	1,050	1/6,53	

Si on compare avec le tableau du fer, on remarque que les flèches sont très sensiblement les mêmes ; de sorte que, si on tend parallèlement un fil de fer et un fil de bronze, avec une tension égale au poids kilométrique, à la température de 10 degrés, les deux fils resteront parallèles dans des limites de température très étendues.

TABLE III. *Acier.*

On a pris $\alpha_1 = 11$, $\varepsilon_1 = 45$, $d = 7{,}8$, $q = 15d$ ou environ 120 kilogrammes par millimètre carré.

La construction des tables a été faite comme ci-dessus.

Lorsque l'acier est employé en lignes sur chemin de fer, on peut se contenter d'adopter les mêmes tensions et les mêmes flèches que pour le fil de fer.

Quand on se servira du fil d'acier de 2 millimètres pour les lignes téléphoniques, on aura souvent de longues portées à faire. Il y aura intérêt à avoir des flèches très faibles pour éviter les mélanges, on pourra alors adopter la table sans changement, c'est-à-dire tendre à $\frac{1}{5}$ de la charge de rupture à 0 degré.

TABLE IV. *Bronze télephonique.*

On a pris $\alpha_1 = 17{,}5$, $\varepsilon_1 = 78$, comme pour le bronze télégraphique,

$$d = 9.3 \left(\text{d'après le poids de } 8^{\text{kg}},85 \text{ du fil de } \frac{11}{10}\right).$$
$$q = 8d = 65^{\text{kg}} \text{ environ par millimètre carré.}$$

On pourra adopter la table sans changement, c'est-à-dire tendre à $\frac{1}{5}$ de la charge de rupture à 0 degré.

A. BARBARAT.

rents dispositifs ont été proposés dans lesquels, pour la plupart, des machines de 60 volts au nombre de quatre ou cinq sont montées en série, de façon à obtenir à un tableau commutateur 60, 120, 180, 240, 300 volts par des fils partant des bornes de chaque machine, avec des sous-multiples de ces forces électromotrices.

Un service organisé sur cette base, donnait lieu à de grands frais d'installation première, attendu qu'il fallait prévoir des moteurs et dynamos de réserve ; les dépenses d'exploitation et d'entretien du matériel qui fonctionnait souvent avec une consommation d'énergie mal utilisée étaient également fort considérables, pour assurer la sécurité du service acquise par les piles primaires.

L'administration des postes allemandes essaya les accumulateurs, mais sans grand succès.

M. Heim ne considère pas cet échec comme définitif. Il a repris l'examen de la question. Nous en extrayons quelques aperçus du travail qu'il a communiqué à l'*Elektrotechnische Zeitschrift* (janvier 1889).

Dans un bureau alimentant 100 conducteurs de longueurs variées, il prend comme source d'électricité une batterie d'accumulateurs de 100 éléments d'une résistance totale de 1 ohm, dans les limites pratiques de décharge et d'une capacité d'environ 50 ampères-heures.

Dans le cas le plus défavorable, celui où tous les conducteurs puiseraient simultanément à la source, l'intensité du courant nécessaire à chacun d'eux étant en moyenne $\frac{1}{50}$ d'ampère, l'intensité totale serait d'environ 2 ampères, la tension aux bornes de la batterie plus petite de 2 volts en dessous de celle réclamée pour une seule ligne en travail. La variation de courant de 1 p. 100 pour les deux cas extrêmes est, pratiquement, tout à fait admissible.

Le matériel d'une telle installation se décomposerait comme suit :

Deux batteries de 100 éléments chacune, une dynamo de 270 à 300 volts et 6 à 8 ampères de débit, un moteur à gaz de 5 chevaux, un ampèremètre, un voltmètre et quelques accessoires.

Les deux batteries sectionnées fonctionnent et sont chargées alternativement.

L'auteur recommande de charger chaque batterie journellement, ou au moins tous les deux jours. Chacune d'elle fournira donc du courant pendant 24 ou 48 heures, suivant le délai adopté pour la charge.

Les frais d'installation sont estimés approximativement à 16.375 francs.

Pour le calcul des frais d'exploitation, évalués 5.002f,50, on admet qu'un seul employé suffira pour les besoins du service: charge des accumulateurs, surveillance, entretien et réparation du matériel, dans l'hypothèse que les plaques positives durent cinq années; elles sont frappées de 20 p. 100 d'armortissement leur prix étant les $\frac{2}{5}$ de celui de l'élément complet; la plaque négative et les réservoirs sont taxés à 10 p. 100.

Une pile de 1 volt de force électromotrice et d'une résistance intérieure de 5 omhs fournit un travail électrique maximum de $\frac{1}{2} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{20}$ watt.

Un accumulateur au plomb qui est déchargé à 1 ampère, donne en nombre rond 2 watts, c'est-à-dire 40 fois plus que la pile primaire; par conséquent 200 accûmulateurs, judicieusement rechargés en temps opportun fourniraient un travail équivalent à celui de $200 \times 40 = 8.000$ éléments de pile. On peut admettre que la disposition en deux batteries d'accumulateurs de 200 éléments est susceptible de remplacer 5.000 à 6.000 éléments primaires.

Pour un bureau central de plus grande importance encore, il ne serait pas nécessaire d'augmenter le nombre des machines et des accumulateurs, en faisant choix d'appareils de rendement plus élevé.

Les dépenses d'établissement et les frais d'exploitation d'un service par accumulateurs sont néanmoins plus considérables que ceux provenant de l'application des piles primaires, mais ils restent encore en dessous des charges d'un service par machines dynamos. E. D.

(Lumière électrique.)

L'électricité sur les chemins de fer.

Les locomotives sont toujours munies d'une boîte à sable, et si les roues patinent ou si le train doit gravir une rampe trop raide, le mécanicien fait couler le sable sur les rails pour augmenter l'adhérence des roues. M. Ries, de Baltimore, a cherché à remplacer le sable qui peut, à un moment faire défaut, et son attention s'est portée sur l'électricité.

La locomotive porte un dynamo dont les bornes sont en communication avec les roues et quand le train doit gravir une pente, on met la dynamo en marche. Il se produit alors une attraction entre les roues et les rails, dont l'effet est d'empêcher tout glissement. En dehors de ce cas particulier, et en faisant débiter la dynamo d'une façon continue, il est possible d'augmenter le nombre de voitures d'un train.

Des expériences ont eu lieu à la rampe de Frackville qui présente une pente de 60 mètres sur un parcours de 1.500 mètres. La locomotive était attelée à un train de 45 voitures, et le parcours fut fait en 28 minutes, alors qu'avec une locomotive ordinaire la durée normale du trajet est de 54 minutes. Ces chiffres parlent par eux-mêmes et dispensent de tout commentaire.

(*Bulletin intern. de l'Électricité.*)

Séparateur Edison pour minerais magnétiques (*).

Il existe, en Chimie, un moyen mécanique de séparer les particules de fer ou d'acier qui peuvent se rencontrer accidentellement dans les essais de métaux autres que ceux dénommés ci-dessus, bien entendu.

Ces particules proviennent soit de l'outil employé pour les réduire en limaille, soit de toute autre source.

Il est nécessaire, dans ce cas, pour éviter toute cause d'erreur, d'éliminer ces corps étrangers; pour cela, on promène dans le

(*) Voir, sur un sujet analogue, *Annales télégraphiques*, 1887, p. 554. *De l'emploi des aimants dans la fabrication du papier.*

métal à l'état de copeaux un aimant qui fait office de séparateur en enlevant le fer et l'acier étrangers au corps à traiter. C'est ce procédé, appliqué en grand, que nous allons décrire, mais avec cette différence que la séparation se fait à distance, ainsi que nous allons le voir.

En effet, M. Edison vient de mettre la dernière main à son séparateur pour minerais magnétiques, disposé maintenant pour fonctionner d'une façon continue; c'est du moins ce qu'affirme l'*Electrical Review* de New-York, auquel nous empruntons les détails qui suivent.

Le minerai, déjà grossièrement concassé, est élevé au moyen d'une noria jusqu'à une plate-forme où se trouvent des concasseurs, et alimente ces derniers qui fonctionnent incessamment.

A la sortie des concasseurs, les produits, contenant en poudre fine la gangue et le minerai, tombent dans un tamis animé d'un mouvement de rotation et par les mailles duquel s'échappent les poussières, pendant que les particules solides arrivent aux godets d'une seconde noria qui les élève jusqu'au séparateur.

Le séparateur se compose d'une caisse en forme de V dont le fond possède une ouverture réglable à volonté, et au-dessous, un peu en dehors du plan vertical médian de la caisse, sont disposés deux gros électro-aimants, dont la position peut être modifiée suivant les besoins et qui sont actionnés par une petite dynamo.

On comprend facilement ce qui se passe : le mélange de gangue et de minerai tombe de la caisse en une nappe large et plate et les électro-aimants attirent les particules magnétiques. La nappe se sépare donc en deux autres, l'une qui continue à s'écouler verticalement, l'autre qui tombe obliquement.

Une cloison placée sur la plate-forme de réception sépare les deux courants et permet de recueillir les produits. Des deux aimants, il y en a un disposé en retrait par rapport au premier, de façon à prolonger l'attraction et à assurer, autant qu'il est possible, la séparation complète de la gangue et du minerai.

Le fonctionnement de l'appareil est connu et l'emploi des

norias le rend automatique; il traite de très importantes quantités de minerais à peu de frais et fournit un produit très pur pour les fourneaux de fusion, ou pour les mélanges dans les fours à *puddler*.

(Bulletin de la Soc. intern. des Électriciens.

Fabrication de l'aluminium. Procédé Hall.

La *Reduction Pittsbourg Company* a monté, à Pittsbourg, une usine pour la fabrication de l'aluminium par le procédé Hall. Un mélange d'alumine et d'un fluorure jouant le rôle de fondant, est soumis à l'action d'un courant de 20 volts et 1.800 ampères, fourni par deux dynamos montées en quantité. L'électrolyte est placé dans des vases en fer garnis intérieurement d'un revêtement de coke, et pouvant contenir de 80 à 130 kilogrammes de matière.

Quand on a en vue la production d'aluminium pur, on emploie comme électrodes des baguettes de charbon; mais si on veut préparer, et c'est le cas général, du bronze d'aluminium, on se sert d'électrodes en cuivre qui se dissolvent au fur et à mesure de la réduction du minerai.

(Bulletin international de l'Électricité.)

La soudure électrique.

Le procédé de soudure électrique Thomson-Houston varie suivant la dimension des pièces à souder, et deux méthodes principales sont employées : la méthode directe pour les pièces de faible diamètre et la méthode indirecte pour les pièces de 15 à 50 millimètres de diamètre.

Soudure par la méthode directe. — L'installation comprend une machine à courants alternatifs débitants 6.000 ampères sous 20 volts à la vitesse de 2.500 tours, et un établi muni de mâchoires de différentes grandeurs pour fixer les pièces à travailler.

La dynamo est bipolaire, et l'armature porte deux enroule-

ments : l'un aboutit à deux bagues fixées sur l'arbre, d'où partent les conducteurs extérieurs, et l'autre à un commutateur qui redresse le courant et l'envoie dans les inducteurs. Les conducteurs partant de la machine sont directement reliés aux mâchoires de l'établi, et les pièces à souder sont placées presque au contact. L'arc jaillit entre elles, et porte leurs extrémités au blanc éblouissant, et il suffit de les amener en contact pour réaliser l'opération. La chaleur ne se répand pas dans la masse, et il est possible de souder par cette méthode des câbles recouverts d'une enveloppe isolante, et dont les extrémités ont seules été dénudées, sans altérer la couche protectrice.

Soudure par la méthode indirecte. — La soudure par le procédé indirect demande une dynamo à courants alternatifs, une excitatrice, un transformateur et un établi portant les mâchoires destinées à fixer les pièces.

L'une des installations de soudure par la méthode indirecte est ainsi constituée.

Une dynamo excitatrice Crompton, bipolaire, de 110 volts à la vitesse de 1.800 tours, est mise en mouvement au moyen d'une courroie par la dynamo à courants alternatifs.

Cette dernière est commandée par une machine Armington et Sims de 100 chevaux, et en absorbe de 60 à 80 suivant le travail à fournir. Elle est à six pôles et produit un courant de 120 ampères sous une tension de 300 volts à la vitesse de 1.000 tours à la minute.

L'induit est formé de six bobines accouplées en série, et dont le noyau est de lames de fer isolées par du papier. Les deux extrémités de l'induit aboutissent à deux bagues montées sur l'arbre de la machine, et c'est de là que part le courant. Les noyaux des inducteurs, formés de lames de fonte et de fer alternées, isolées entre elles, ont été construits de façon à obtenir la saturation des électros dans le moins de temps possible, pour économiser la force motrice.

Le courant de la machine passe dans un transformateur dont la capacité doit atteindre 50.000 watts ; le courant fourni par le circuit secondaire est de 1 volt et 40.000 ampères.

Des conducteurs de très large section le conduisent aux mâchoires de l'établi, et une minute trente secondes suffisent

pour souder ensemble des barres de fer de 50 millimètres de diamètre.

Une autre installation permet d'effectuer automatiquement des soudures, sans avoir à rapprocher les pièces à la main. Elle comprend une dynamo, un transformateur, une bobine de réduction et des mâchoires à mouvement automatique.

La bobine de réduction n'est autre chose qu'un transformateur, et se compose d'un disque de fer plein, dont un secteur est recouvert d'un enroulement monté en tension sur le circuit de la machine. Un secteur de cuivre concentrique au disque, et mobile autour de son centre, peut être placé dans une position variable par rapport à l'enroulement, de façon à modifier le champ magnétique produit par le disque plein. On règle ainsi à volonté l'intensité du courant employé : lorsque le secteur de cuivre enveloppe l'enroulement, la force contre-électro motrice développée dans ce dernier est annulée, et le courant conserve toute son intensité; en recouvrant de moins en moins l'enroulement, cette force contre-électro motrice augmente et l'intensité du courant diminue. Le rôle de la bobine de réduction est de graduer l'intensité du courant suivant le travail à effectuer.

Les mâchoires dont il est fait usage dans cette troisième installation, peuvent glisser en avant, et leur mouvement est assuré par un montage sur galets. Les deux pièces sont placées bien en face; et deux ressorts tendent à les presser l'une contre l'autre, et feront avancer les mâchoires quand les surfaces en contact auront atteint leur point de fusion. Le métal est refoulé, et les oxydes qui ont pu se former sont rejetés à l'extérieur.

Des essais pour vérifier la résistance à la rupture de barres soudées par le procédé Thomson-Houston ont eu lieu à l'arsenal de Watertown. On a constaté que des barres d'acier de 12 millimètres présentant à la rupture une résistance de 7.030 kilogrammes par centimètre carré, offraient après la soudure une résistance de 5.270 kilogrammes par centimètre carré; on ne pouvait espérer mieux.

(*Bulletin international de l'Électricité.*)

Étude sur la durée de l'éclair.

Note de M. E.-L. TROUVELOT, présentée par M. MASCART.

Dans un article publié l'année dernière (*), j'affirmais que l'éclair n'a pas l'instantanéité qu'on lui attribue généralement, et à l'appui de cette assertion, je reproduisais dans ma Note une photographie obtenue pendant l'orage du 22 juillet 1888. Cette photographie montrait l'éclair sous la forme d'une large bande verticale, à traits multiples et parallèles et formés de nombreuses stries horizontales. Cette forme singulière de l'éclair, je l'attribuais au mouvement horizontal que j'avais fait subir à l'appareil durant le temps de pose.

Cette manière si simple d'expliquer le phénomène souleva néanmoins des objections de la part de plusieurs savants fort distingués. Il m'eût été facile de répondre à ces objections et d'en montrer les points faibles; mais, comme j'avais en main des faits palpables, j'ai préféré laisser parler ces faits, convaincu qu'ils sont sans réplique.

Ces faits, les voici : Le 22 juillet dernier, je vis s'élever de l'horizon de Paris un éclair brillant, qui me parut avoir une durée de plusieurs secondes, pendant laquelle il montra de singulières fluctuations d'éclat et comme si l'éclair fût le produit d'un courant électrique lumineux, oscillatoire et d'intensité très variable. Convaincu par cette observation que l'éclair ne saurait toujours être instantané, et désirant en obtenir une preuve palpable, je dirigeai de suite mon appareil photographique vers la même partie du ciel, en ayant soin de lui imprimer un léger mouvement horizontal de va-et-vient durant la pose. Je n'attendis pas longtemps : un éclair apparut, et le développement révéla les images multiples dont il est parlé plus haut, et que j'ai l'honneur de soumettre aujourd'hui à l'Académie.

Le 7 juin dernier, un orage lointain donnait des éclairs affaiblis par la pluie et par la brume. L'appareil fut dirigé sur la partie du ciel où les éclairs se montraient le plus fréquemment, et, pendant la pose, je lui imprimai un mouvement

(*) *La lumière électrique*, t XXIX, p. 254.

horizontal de va-et-vient assez rapide autour de son axe. D'un point assez élevé au-dessus de l'horizon apparut un éclair, qui se propagea de chaque côté en formant plusieurs branches horizontales. Le développement révéla l'image qui, avec ses larges stries horizontales et parallèles avec le sens du mouvement subi par l'appareil, donne à cet éclair l'aspect d'une légère banderole ondulant sous la brise.

Nous n'insisterons pas longuement sur la signification de cette image, car elle indique suffisamment, à notre sens, que l'éclair a une durée appréciable, sinon dans tous les cas, mais au moins dans quelques-uns; et, par conséquent, que les expériences de Wheatstone, qui ne donnent pas à l'éclair la durée de la millième partie d'une seconde, sont entachées d'erreur quelque part.

Si cette dernière photographie de l'éclair laissait encore des doutes sur la durée appréciable de l'éclair, nous dirions qu'une particularité de détail de notre cliché du 22 juillet 1888, qui d'abord avait passé inaperçue, montre avec évidence que la multiplication du trait fulgurant résulte du déplacement de l'appareil pendant la durée de l'éclair. En effet, le petit nuage qui, vers le bas de notre photographie, traverse l'éclair sextuplé, est doublé sur le cliché, par suite du déplacement subi par l'appareil durant la pose; et le déplacement, mesuré sur les aspérités de la bordure de chacune des images, est absolument le même que celui qu'a subi l'éclair.

Comme nous l'avons montré plus haut, ce n'est pas seulement à l'aide de la plaque photographique que l'on peut constater que l'éclair a une durée appréciable; l'œil lui-même est susceptible d'apprécier ce phénomène, comme nous avons encore été à même de le constater le 7 juin dernier. En effet, un éclair parti d'un endroit du ciel caché par un bâtiment montre bientôt plusieurs branches dans la partie du ciel visible pour nous. Or il était pleinement visible que ces branches avançaient progressivement dans le ciel; on pouvait les suivre du regard tout aussi facilement que l'on peut suivre de l'œil l'expansion progressive d'une étincelle électrique sur une feuille de verre ou d'ébonite. Du reste, les clichés nombreux que nous possédons aujourd'hui nous permettent d'affirmer

que les décharges électriques ne se font pas instantanément sur les plaques photographiques, mais progressivement.

(*Comptes rendus*, 17 juin 1889.)

[Au sujet de la Note précédente de M. Trouvelot, M. Colladon a adressé à l'Académie des sciences (1er juillet), une lettre dans laquelle il réclame la priorité de la découverte et d'où nous extrayons le passage suivant :]

J'ai reproduit, en 1886, une citation semblable, mais plus détaillée dans les *Comptes rendus* des 12 et 19 avril 1886, dans la Notice *Sur les origines du flux électrique des nuages orageux*. Je disais, entre autres choses, dans cette Notice :

« On cite dans la plupart des Traités de Météorologie, une observation isolée de Charles Wheatstone, que l'on a à tort généralisée, en annonçant comme un fait universel que la durée d'un éclair ne dépasse guère 1/1000 de seconde. J'ai eu l'avantage d'être lié d'amitié avec Charles Wheatstone, et pendant mes séjours à Londres (1843 et 1844), j'ai eu de très nombreuses occasions de conférer avec lui sur des questions de Physique et de Météorologie ; il reconnaissait volontiers que ses expériences sur la durée des éclairs avaient été peu nombreuses et auraient mérité d'être reproduites.

« J'ai cité, dans diverses Notices, des faits qui démontrent qu'un certain nombre d'éclairs, surtout dans les forts orages, ont une durée très appréciable, et qu'il est des coups de foudre dont on peut discerner la direction de mouvement et qui, par conséquent, ne sont pas instantanés.

« La lumière d'un éclair qui ne durerait qu'un millième ou même un centième de seconde ferait paraître immobile un disque tournant sur lequel on aurait tracé des secteurs représentant les couleurs du prisme ou des rayons d'une blancheur éclatante séparés par un fond noir, lors même que les vitesses de rotation de ce disque atteindraient 60 ou 100 tours par seconde; à plus forte raison sa lueur pendant l'obscurité de la nuit ferait paraître immobiles des branches d'arbres agitées par le vent, ou des trains de chemin de fer en marche.

« Or tout observateur qui voudra s'en donner la peine pourra

se convaincre qu'à la lueur des éclairs ces mouvements sont fort souvent appréciables.

« Dans le courant de juillet 1871, j'avais eu recours, pour de nouvelles expériences, à l'obligeance de mon collègue et ami, le professeur Louis Dufour, de Lausanne, qui possédait un disque tournant indicateur, ayant un fond noir et une croix blanche, auquel un petit moteur imprimait facilement une vitesse de 60 à 80 tours par seconde.

« Il me répond dans sa lettre du 17 août :

« Dans mes essais avec le disque tournant, j'ai souvent vu « mon disque comme immobile, exactement comme si on l'eût « éclairé avec l'étincelle d'une bouteille de Leyde; bien souvent « aussi on voit les rayons blancs dans plusieurs situations « différentes qui toutes semblent instantanées, ce qui montre « qu'il y a eu plusieurs éclairs très rapprochés en temps, d'une « durée infiniment courte chacun; enfin j'ai bien fréquemment « observé mon disque éclairé d'une manière uniforme sur une « portion, ou sur la totalité de sa surface. Les rayons de la « croix blanche n'étaient plus distincts alors et le mouvement « avait pu être appréciable pendant la durée de l'éclair; il est « donc pour moi hors de doute que la lumière électrique dans « l'atmosphère dure parfois un temps notable, énormément « supérieur à celui de l'étincelle d'une bouteille de Leyde.

« Quant au sens des éclairs, j'ai aussi eu l'impression qu'on « les voit se diriger quelquefois dans un certain sens. »

Quelques habiles photographes, et spécialement M. R. Heansel, de Reichenberg (Bohême), ont eu l'obligeance de me faire parvenir, en 1883 et 1885, de très intéressantes photographies d'éclairs. Il est regrettable seulement que chacune de ces photographies ne représente pas un éclair unique; *il serait surtout bien intéressant de pouvoir donner à la plaque impressionnable un mouvement rotatif très rapide pendant l'instant de l'action photographique.*

Un fait acquis au moyen des épreuves que je possède, fait que l'œil ébloui par l'éclair n'aurait pu discerner, c'est que quelques-uns de ces éclairs ont un tronc lumineux principal dirigé vers le sol, tronc auquel aboutissent plusieurs branches latérales qui s'épanouissent dans diverses parties du nuage orageux. C'est pour ainsi dire un torrent principal vers lequel

affluent plusieurs ruisseaux provenant de sources plus ou moins éloignées.

M. Trouvelot a donc réalisé en 1888 une expérience que j'avais clairement indiquée à l'Académie des sciences en avril 1886 et il l'a fait sans connaître mon antériorité; c'est un fait qu'il est bon de constater. Mais il faut constater aussi :

1° Que j'avais déjà indiqué depuis neuf ans que les éclairs dans les temps orageux doivent être quelquefois des éclairs qui ne sont pas instantanés et je l'avais démontré en disant que pour les arbres agités par le vent on peut parfois bien distinguer le sens dans lequel ces arbres sont agités; ou que, si l'on voit passer un train de chemin de fer dans cet instant, le train paraît se mouvoir pendant une certaine fraction de seconde; j'ai ajouté que, si plusieurs personnes observent ces éclairs exceptionnels et qu'elles écrivent leurs impressions d'une façon indépendante, toutes généralement indiqueront un sens identique pour la marche de cet éclair exceptionnel;

2° Qu'au mois d'avril 1886 j'avais ajouté d'autres considérations à l'appui.

J'avais dit que M. Louis Dufour, professeur de physique à Lausanne, qui possédait une croix blanche sur un fond noir, laquelle pouvait tourner à près de 100 tours par seconde, avait fait à ma demande des expériences sur ces différents éclairs que je classais ainsi : (*a*) les instantanés; (*b*) ceux qui se succèdent rapidement; (*c*) les éclairs qui ne sont pas absolument instantanés. Enfin j'avais indiqué de la manière la plus nette, en 1886, l'expérience dont M. Trouvelot reconnaît qu'il n'a eu l'idée qu'en 1888.

Sur l'électrolyse de l'eau distillée.

Note de M. E. Duter.

Dans ces recherches, j'ai employé de l'eau distillée contenue dans des tubes en verre à deux branches, et qui, au bout de plusieurs mois, ne communiquaient à l'eau aucune alcalinité. La force électromotrice dont je me suis servi était très considérable et toujours voisine de 100 volts.

J'ai pris comme électrodes : 1° une anode et une cathode en platine; 2° des anodes constituées par des métaux fort différents

et principalement du nickel, du cobalt, du fer, du cuivre : dans ce deuxième cas, la cathode était en platine; 3° l'anode étant en platine, la cathode est de l'étain, du bismuth, du cuivre, du plomb, du mercure, de l'aluminium, etc.

Dans le premier cas, si la cathode est formée d'un fil fin, tandis que l'anode est une large lame, l'électrolyse de l'eau ne fournit que de l'hydrogène pendant plusieurs jours; au bout de ce temps, l'oxygène commence à apparaître au pôle positif; mais son volume est toujours moindre que la moitié du volume de l'hydrogène dégagé : l'eau soumise à cette électrolyse acquiert une réaction un peu acide.

Dans le deuxième cas, les anodes sont attaquées et, pendant les premières heures de l'attaque, donnent des protoxydes; il se forme au pôle positif une gelée verte avec le nickel, rose avec le cobalt, bleue avec le cuivre...; puis, au bout de plusieurs heures, les protoxydes s'altèrent, prennent une couleur plus ou moins foncée et se changent en peroxydes. Laissant l'électrolyse se continuer pendant plusieurs mois, j'ai constaté que généralement l'oxyde qui entoure le pôle positif finit par se réduire partiellement; ainsi, le peroxyde de nickel repasse à l'état de protoxyde en devenant vert; celui de cobalt, qui était marron, devient rose et celui de fer perd sa couleur rouille pour devenir presque blanc. Cette transformation demande environ deux mois pour le nickel et le cobalt; elle ne commence pour le peroxyde de fer qu'au bout de sept ou huit mois. Il me semble qu'on peut rapprocher ces désoxydations de celles qui sont produites sur certains peroxydes par l'eau oxygénée.

Enfin, dans le troisième cas, celui où l'électrode négative est constituée par un métal autre que le platine, j'ai vu que ce métal, contrairement à mon attente, s'oxydait généralement. L'étain donne de l'oxyde d'étain, en dégageant de l'hydrogène; le bismuth donne des résultats semblables.

Une électrode négative en cuivre se couvre d'un dépôt qui arrête à peu près le passage du courant, même quand la force électromotrice est de 120 volts.

Le plomb au pôle négatif se recouvre de houppes grises, qui, lorsqu'on interrompt le courant, donnent naissance à du protoxyde de plomb qui semble couler de l'électrode comme une sorte de bouillie blanche.

Si l'électrode négative est du mercure, on voit la surface libre de ce métal se recouvrir d'aspérités d'aspect pâteux ayant l'éclat du mercure; les aspérités dégagent de l'hydrogène, elles en dégagent encore plus d'une heure après la cessation du courant.

L'aluminium est énergiquement attaqué au pôle négatif, il se transforme en alumine, et, au bout d'un certain temps, le métal a perdu toute cohésion, il se fendille et tombe au fond du vase sous forme de lamelles et de poudre grise.

Ces expériences, et surtout celle de l'aluminium, me conduisent à penser qu'il se forme au pôle négatif des hydrures métalliques, que l'eau détruit avec formation d'oxydes et dégagement d'hydrogène.

(*Comptes rendus*, 25 juillet 1889.)

Étude sur les phénomènes électriques produits par les radiations solaires.

Par M. Albert Nodon.

A la suite de nombreuses observations, faites depuis le mois de mai 1885 jusqu'au mois de juillet 1889 (*), j'ai pu établir que les radiations solaires sont la cause de certains phénomènes électriques dont l'étude est résumée dans les lois suivantes :

1° Les radiations solaires, en rencontrant un conducteur isolé (métal ou charbon), communiquent à ce conducteur une charge électrique *positive*.

2° La grandeur de cette charge croît avec l'intensité des radiations solaires et décroît avec l'état hygrométrique de l'air. Le phénomène atteint, à Paris, sa valeur maxima en été, vers une heure de l'après-midi, lorsque l'atmosphère est pure et sèche.

3° Le passage des nuages devant le soleil fait cesser le phénomène.

Le dispositif expérimental adopté est le suivant :

Une plaque métallique, isolée sur un support de M. Mascart,

(*) Ces recherches ont été faites au laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne et au laboratoire de M. Mascart au Collège de France.

était disposée au centre d'une grande caisse métallique. Cette caisse était mise en communication avec le sol et formait cage de Faraday. Une ouverture ménagée dans le couvercle permettait aux rayons solaires de pénétrer à l'intérieur de la caisse et de venir frapper la plaque métallique isolée. La plaque elle-même était mise en relation avec un électromètre permettant de déterminer la valeur de la charge (*). La caisse métallique, l'enveloppe de l'électromètre et le milieu de la pile de charge étaient en communication permanente avec un même point du sol dont le potentiel était pris comme zéro. L'aiguille de l'électromètre était reliée à la plaque métallique isolée.

L'expérience consistait à mettre cette plaque métallique au sol, puis à l'isoler. Suivant l'intensité des radiations solaires, on observait une déviation que l'on composait avec la déviation produite par un daniell dont l'un des pôles était au sol.

On avait soigneusement étudié, dans des expériences préalables, l'influence des phénomènes complexes qui pouvaient fausser les observations en produisant une charge électrique indépendante de la charge due aux radiations solaires.

Ainsi l'on a constaté que, en disposant la plaque à l'air libre et à l'ombre, elle se chargeait d'électricité sous l'influence du vent. Cette cause perturbatrice avait été soigneusement écartée par l'emploi de la caisse métallique empêchant l'arrivée du vent.

Les autres phénomènes secondaires, tels que l'échauffement de la plaque, les actions thermo-électriques, etc., ont été reconnus négligeables devant le phénomène étudié.

S'il est permis d'étendre ces résultats à des corps non métalliques, on peut considérer les radiations solaires comme l'*une des causes de l'électrisation des nuages* (**).

(*Comptes rendus*, 5 août 1889.)

(*) On a employé successivement l'électromètre de M. Lippmann, qui a dû être abandonné à cause de sa capacité trop considérable pour ce genre d'expériences, puis les électromètres de Hankel, de M. Curie et de M. Mascart.

(**) Les premières études faites sur ces phénomènes sont relatées dans un pli cacheté, qui avait été déposé à l'Académie le 29 juin 1885, sous le

Coup de foudre sur la tour Eiffel.

Note de M. MASCART.

Plusieurs de nos confrères ont pensé qu'il serait utile de donner quelques renseignements sur un coup de foudre qui a frappé le paratonnerre de la tour Eiffel pendant la soirée du 19 août 1889, et au sujet duquel on a publié des relations souvent exagérées. J'emprunterai les détails au rapport rédigé par M. Foussat, chef du service électrique, qui se trouvait sur la plate-forme supérieure pendant l'orage.

La tour est munie actuellement d'une tige centrale au sommet et de huit tiges obliques sur la balustrade de la troisième plate-forme. La pointe de bronze avec bout de platine qui terminait la tige centrale avait été enlevée quelques semaines auparavant, parce qu'elle éprouvait des oscillations qui en faisaient craindre la chute.

A $9^h,40$, une décharge a eu lieu sur le paratonnerre principal du sommet; elle a été accompagnée d'un bruit épouvantable, analogue à la détonation de deux pièces d'artillerie de petit calibre. Quelques gouttelettes rouges se sont détachées de la pointe; elles étaient dues probablement à la combustion dans l'air de parcelles de fer volatilisées. On a remarqué, en effet, que l'écrou qui terminait la tige portait de petites bavures qu'il a été nécessaire de limer pour remonter une aigrette de pointes.

Sur les paratonnerres de la plate-forme, on aperçut à diverses reprises des fusées lumineuses accompagnées d'un crépitement très manifeste.

Le gardien du phare était près de son appareil, deux hommes manœuvraient les projecteurs sur la plate-forme et M. Foussat était lui-même adossé à la rampe, regardant le paratonnerre du phare. Il est intéressant de signaler qu'aucune de ces quatre personnes n'a éprouvé la moindre secousse au moment du coup de foudre; cependant, à cause de l'abondance de la pluie et de la possibilité d'un danger dans le cas d'une nouvelle décharge, les projecteurs ont été éteints et les trois per-

n° 3956, et qui a été ouvert par M. le secrétaire perpétuel, sur la demande de l'auteur, dans la séance de ce jour.

sonnes situées sur la plate-forme sont rentrées dans les laboratoires. Un nuage descendu alors jusqu'à la hauteur du phare s'est trouvé vivement éclairé. C'est sans doute à cette dernière circonstance qu'est due l'impression éprouvée par certaines personnes situées à quelque distance dans Paris, que le sommet de la tour, après l'éclair, paraissait enveloppé d'une lueur électrique tellement éclatante qu'elle a éclipsé la lumière des projecteurs.

J'ajouterai que les instruments météorologiques placés au bas du paratonnerre n'ont subi aucun dommage.

Ce coup de foudre est, en somme, conforme à tous les faits connus; il a montré aussi que la communication de la tour au sol est parfaite et que la sécurité dans l'édifice est absolue.

(*Comptes rendus*, 26 août 1889.)

Conductibilité électrique de la tour Eiffel.

(Société de physique, séance du 20 décembre 1889.)

M. Terquem rend compte des expériences qu'il a exécutées sur la conductibilité électrique de la tour Eiffel et de ses prises de terre; il expose :

Que la tour Eiffel est munie de neuf paratonnerres surmontés d'aigrettes de pointes directement reliées à la charpente de la tour, faisant office de tiges conductrices; que la tour est reliée par des câbles et des fers feuillards à un ensemble de huit perd-fluides répartis deux à deux dans chaque pile;

Que les perd-fluides des piles Nord et Ouest se composent de tubes en fonte de 20 centimètres de diamètre, s'enfonçant de 12 mètres dans le sol à la cote 21 mètres, et que ceux des piles Est et Sud sont de gros tubes en fonte de 50 centimètres de diamètre, s'enfonçant verticalement dans le sol jusqu'à la cote $25^m,90$ et se redressant horizontalement, sur une longueur de 17 mètres, au milieu des alluvions de la Seine.

La résistance des perd-fluides des piles Est et Sud a été

trouvée de $0^{\omega},3$ seulement et celle du perd-fluide Ouest, de $3^{\omega},2$. La résistance de la tour a été trouvée égale à $0^{\omega},1$ par la méthode de Gaiffe, et à $0^{\omega},15$ par la méthode de Mance. Dans la mesure des prises de terre, on a fait usage de terres auxiliaires.

On peut donc conclure de ces expériences que l'ensemble des paratonnerres et des perd-fluides de la tour, établis suivant les savantes indications de MM. Becquerel, Berger et Mascart, peut être considéré comme très parfait et susceptible d'exercer sa protection dans un rayon très étendu.

Électricité et lumière.

Le Dr Moser fait connaître trois expériences fort simples et qui présentent un certain intérêt :

1° On charge un électrocope à feuilles d'or, et on l'éclaire vivement. La déflexion augmente aussitôt, et ne reprend sa valeur primitive que quand on soustrait l'appareil à l'action de la lumière.

2° Le mercure d'un électromètre capillaire se met en mouvement sous l'action des rayons solaires, comme s'il était introduit dans le circuit d'une pile.

3° Une mèche soufrée devient phosphorescente quand on l'approche d'un corps électrisé.

Dans les deux premières expériences, la lumière agit comme une source d'électricité; dans la troisième, c'est l'inverse. Ce sont là des phénomènes très curieux dont l'explication n'est pas encore connue.

(*Bulletin international de l'Électricité.*)

Balances électriques automatiques.

M. William Snelgrove a récemment inventé une balance automatique électrique qui a figuré à l'Exposition du Champ-de-Mars. La pesée se fait à l'aide d'un poids qui se déplace sur le fléau d'une romaine. Le corps à peser étant mis dans le

jour, des différentes recherches qui ont été faites sur les accumulateurs ainsi que sur les sources d'électricité en général, telles que actions diverses, chimiques, mécaniques, calorifiques et lumineuses.

Cette étude approfondie de la question est accompagnée de nombreux tableaux fort utiles à consulter.

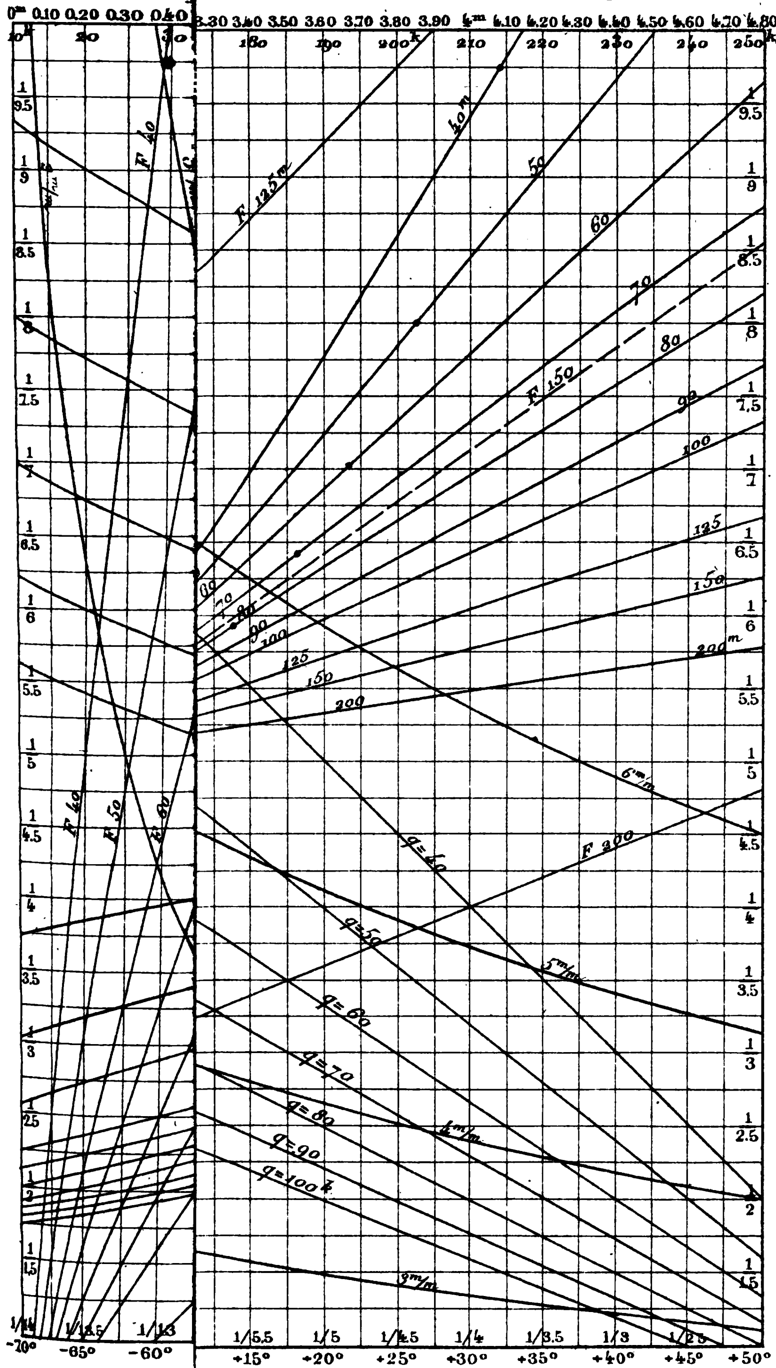
En rassemblant en un seul volume des descriptions de piles électriques et des données mécaniques éparses dans un nombre considérable de publications, l'auteur a comblé d'une manière très heureuse une lacune qui existait dans la bibliothèque des électriciens.

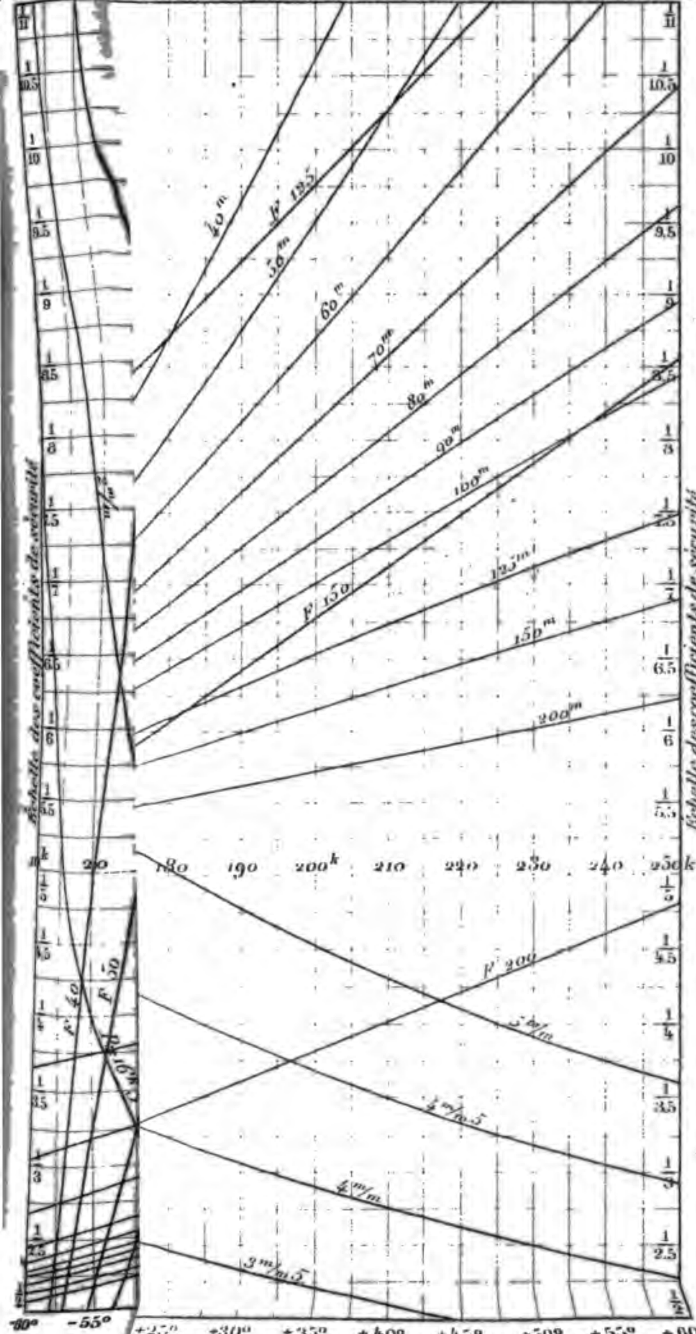
H. P.

Gérant : Vᵉ Dunod. — Paris. — Imp. C. Marpon et E. Flammarion, rue Racine, 26.

Nº 1. ÉRATURES

$\alpha = 12.35 \times 10^{-6}$
$\varepsilon = 54 \times 10^{-6}$

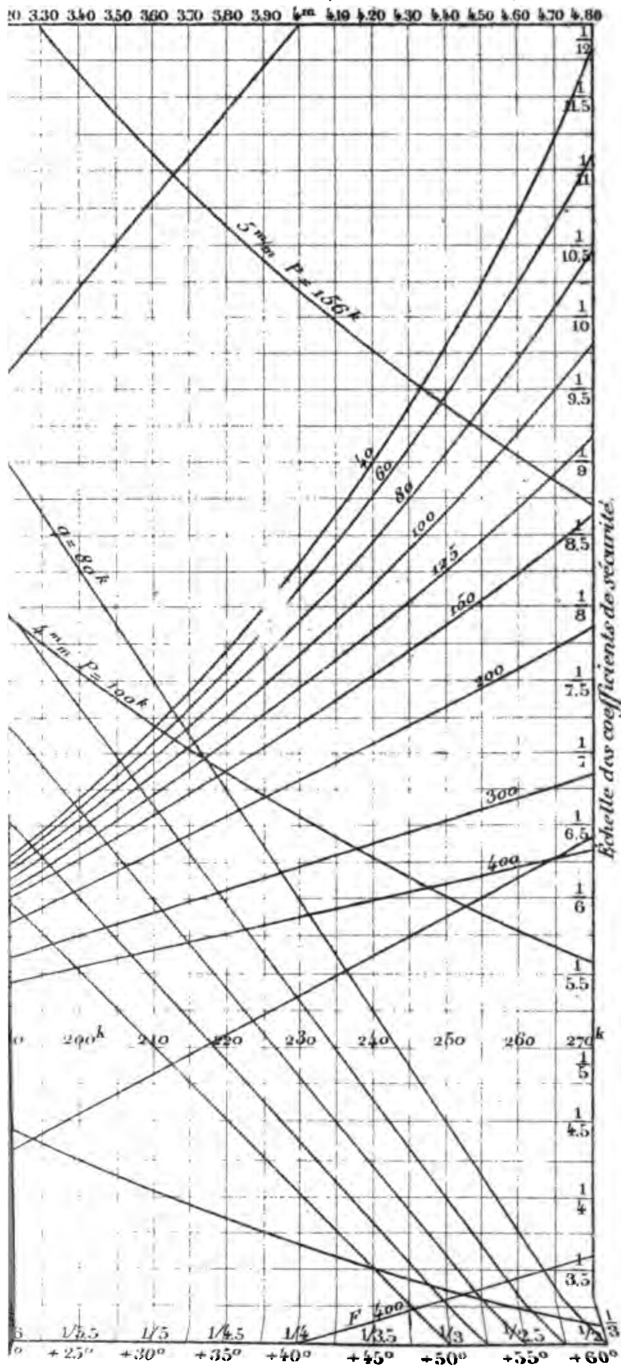




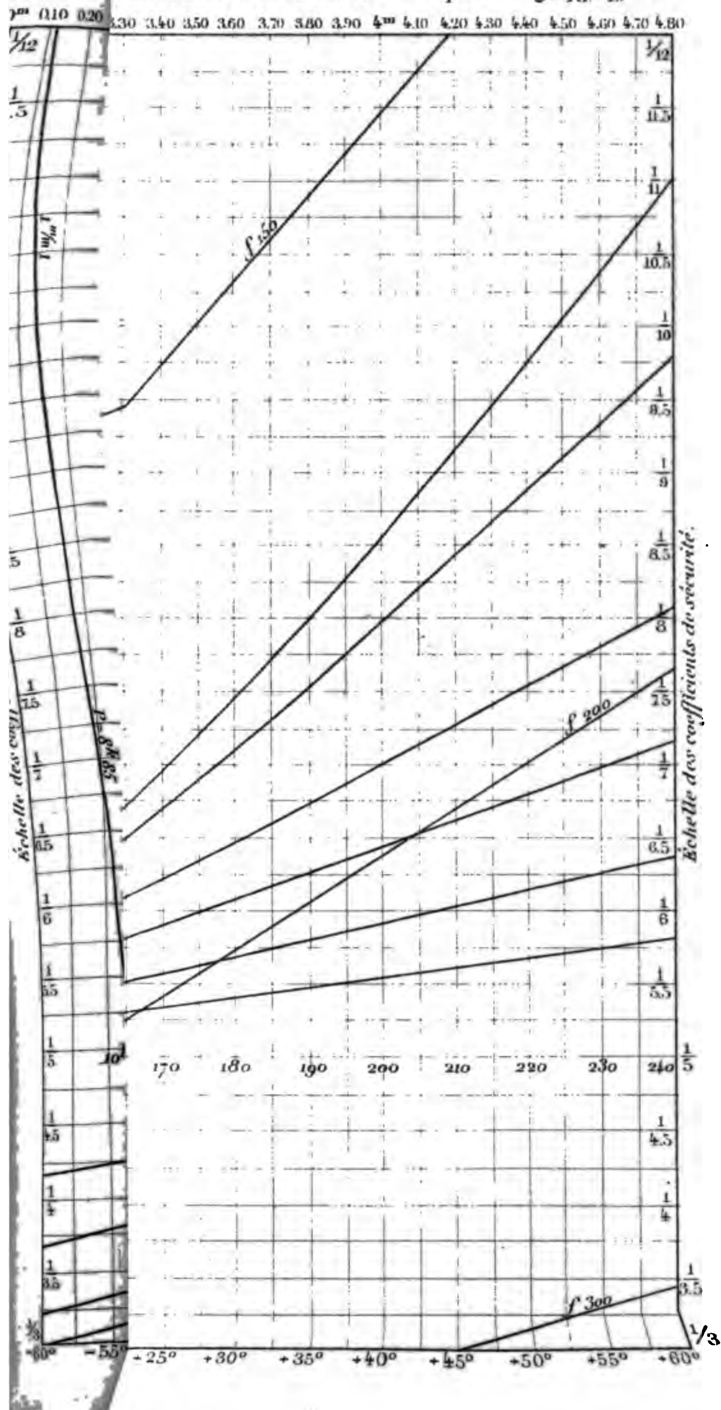
ES TEMPÉRATURES.
q = 45 k
α = 17.5 × 10−6
ε = 7.8 × 10−6
Échelle des coefficients de sécurité
180 190 200k 210 220 230 240 250k
−55° +25° +30° +35° +40° +45° +50° +55° +60°


ASTOR LIBRARY
NY

q = 120^k α = 11×10^-6 δ = 45×10^-6




THE ASTOR LIBRARY
N.Y.



Nº SES TEMPÉRATURES.
q = 75k
α = 17.5 × 10⁻⁶
ε = 7.8 × 10⁻⁶
0.10 0.20 3.30 3.40 3.50 3.60 3.70 3.80 3.90 4m 4.10 4.20 4.30 4.40 4.50 4.60 4.70 4.80
f 150
f 200
f 300
170 180 190 200 210 220 230 240
+25° +30° +35° +40° +45° +50° +55° +60°
−55° −60°
Échelle des coefficients de sécurité.
Échelle des coeff.



ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1890 **Mai - Juin**

TABLEAUX MULTIPLES DIVISEURS

POUR BUREAUX CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES

L'une des difficultés de construction des commutateurs multiples consiste dans la faiblesse de l'espace dont on dispose sur chaque commutateur pour y loger les jacknifes en communication avec toutes les lignes.

Les divers perfectionnements apportés à la construction de ces commutateurs augmentent peu à peu le nombre de lignes qu'ils permettent de desservir, mais on est toujours très limité.

Supposons donc que nous disposions d'un commutateur pouvant desservir N abonnés en multiple, et qu'il s'agisse de l'utiliser pour le service d'un bureau central auquel aboutissent 2N lignes.

Je considère d'abord le cas d'un réseau à fil simple, et je ne m'occupe, pour le moment, que des abonnés qui sont seuls sur leur fil.

Au bureau central, chaque ligne d'abonné possède

deux annonciateurs polarisés embrochés sur la ligne; le premier de ces annonciateurs fait partie du tableau A à N jacknifes, et le second au tableau B à N jacknifes.

Aux jacknifes du tableau A, aboutissent toutes les lignes numérotées de 1 à N. A ceux du tableau B sont reliées celles de N + 1 à 2 N.

L'abonné a deux clefs d'appel, lui permettant d'envoyer sur la ligne un courant positif ou un courant négatif, et, par conséquent, de faire tomber le volet de l'annonciateur A ou de l'annonciateur B. Supposons que N = 8.000.

Si l'abonné veut demander une communication avec l'abonné 9.347 (N + 1 à 2 N), il enverra sur la ligne un courant négatif. L'annonciateur B tombe, et la communication est donnée immédiatement, dans le même commutateur, comme à l'ordinaire.

Les deux clefs d'appel d'abonné portent les indications : 1 à 8.000 et 8.001 à 16.000, pour éviter toute méprise.

Si, néanmoins, l'abonné a appelé A au lieu de B, la téléphoniste avertit cet abonné en le priant d'employer l'autre clef; l'erreur est aussitôt relevée. Ce système étant installé, et les abonnés sachant que la rapidité dans l'établissement de leurs communications dépend de l'attention qu'ils apporteront à employer l'une ou l'autre des clefs d'appel, les erreurs disparaîtront rapidement.

En outre, on reconnaît généralement qu'il est fâcheux que les abonnés aient l'habitude de se demander par leurs noms, et non par leurs numéros.

Dans le système ci dessus exposé, l'indication du numéro étant nécessaire, les abonnés prendraient fa-

cilement l'habitude de consulter la liste avant de demander une communication.

On peut objecter qu'il est inadmissible de donner à faire à l'abonné un travail qui peut être effectué au bureau central, mais il ne s'agit pas à proprement parler d'un travail, puisque l'abonné n'a qu'à choisir entre deux clefs et que l'appel se fait ensuite comme à l'ordinaire.

D'ailleurs, certains abonnés de Paris ont déjà deux clefs d'appel, et s'en servent très facilement. Tels sont ceux qui possèdent deux maisons reliées à un même bureau central. Les lignes aboutissent à deux jacknifes voisins, reliés par un conducteur laissant un des annonciateurs en dérivation. Chacune des maisons peut appeler l'autre, à l'exclusion du bureau central, ou réciproquement. A cet effet, l'abonné a deux boutons d'appel, l'un s'appliquant à l'appel par circuit métallique, l'autre au circuit avec terres. Ce système fonctionne sans aucun inconvénient; on voit donc que l'abonné n'éprouve aucune difficulté à se servir de deux clefs d'appel.

Les communications entre la ligne, les annonciateurs et les jacknifes sont établies comme d'habitude, de telle sorte que, d'un jacknife quelconque, la conversation s'engage par une dérivation ne comprenant pas les annonciateurs.

La conversation a lieu entre deux abonnés au moyen d'un cordon souple comprenant un annonciateur de fin de conversation.

Le poste de l'abonné est muni de deux annonciateurs polarisés, du système G. Belle, par exemple, afin que l'abonné sache quelle clef il doit employer pour répondre sans déranger l'autre tableau.

Chacun des tableaux A et B emploie le sens de courant qui fait fonctionner ses annonciateurs. Chaque clef d'appel de l'abonné est placée au-dessous de l'annonciateur qui lui correspond.

En résumé, la disposition décrite conserve tous les avantages du multiple ordinaire, puisque la communication est établie par une seule personne; elle double le nombre des lignes pouvant être desservies par un tableau d'un modèle donné.

Supposons que les annonciateurs correspondant aux fils des abonnés ayant l'usage exclusif de leur conducteur aient été répartis dans les premiers tableaux groupés deux à deux (AB) (CD) (EF), etc.

Il n'est pas possible d'user du même procédé pour une ligne desservant deux abonnés, puisque les deux sens du courant doivent être employés pour le même, et que les abonnés seraient ainsi souvent dérangés indûment.

Les annonciateurs de ces derniers fils sont réunis sur un ou plusieurs tableaux ne possédant pas de jacknifes pour tous les fils autres que ceux qui ont leur annonciateur dans le tableau.

A chacun de ces tableaux, en correspondent deux autres des types A et B. Soit α le tableau des annonciateurs des lignes à deux abonnés (contenant 300 annonciateurs, par exemple, avec voyants à deux couleurs), β un tableau multiple des jacknifes des lignes de 1 à 8.000, γ le tableau contenant les autres, soit de 8.001 à 16.000.

Le tableau α reçoit les appels des lignes à deux abonnés; ces demandes sont transmises à l'un des des deux tableaux β ou γ, suivant le cas.

Ces derniers établissent la communication, et ne

possèdent, en dehors des jacknifes, que des annonciateurs de fin de conversation, et celui du fil qui les relie à α.

Pour les lignes à deux abonnés, la communication est donc toujours établie par une seule personne, mais la demande de communication passe par le tableau α, avant de parvenir au tableau chargé de l'établir. Il n'y a, de ce chef, qu'une perte de temps insignifiante, et hors de proportion avec celle qui résulte de l'emploi de conjoncteurs.

Remarquons, en passant, que la généralisation du système décrit pour les lignes à deux abonnés permet non seulement de doubler, mais de multiplier par un nombre quelconque n le nombre des lignes desservies.

Il suffit, pour cela, de répartir les annonciateurs entre des tableaux du type α, à chacun desquels correspondent n tableaux du type β. Chacun de ces derniers contient en multiple $\frac{N}{n}$ jacknifes, indépendamment, comme toujours, des jacknifes des fils qui ont leurs annonciateurs dans le tableau α.

On verra plus loin qu'il existe d'autres procédés de multiplier par un nombre supérieur à deux le nombre des lignes desservies, mais le moyen précédent est très simple.

Les moyens ordinairement employés pour reconnaître si une ligne est occupée s'appliquent sans modification. L'un d'eux, qui se recommande par la facilité de son emploi, est celui qui est adopté au bureau de La Villette, à Paris :

La partie la plus large du jacknife à double fil est composée de deux cylindres métalliques de même dia-

mètre, mis bout à bout, et isolés l'un de l'autre. Plus loin, se trouve le cylindre correspondant à la partie étroite de la fiche, et donnant communication avec le second fil.

Le premier fil est relié aux premiers cylindres. Devant ce premier cylindre, se trouve un petit bloc métallique qui en est isolé. Un élément Leclanché a son pôle positif relié aux seconds cylindres de tous les jacknifes correspondant à une même ligne, et son pôle négatif aux blocs antérieurs de tous ces mêmes jacknifes, comme l'indique la *fig.* 1.

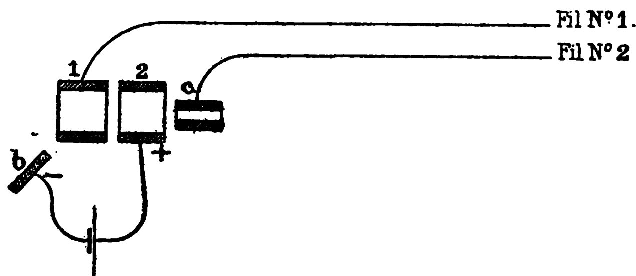


Fig. 1.

Quand une fiche est introduite dans l'un des jacknifes, on voit que, dans tous les jacknifes de la même ligne, le cylindre 1 est relié au pôle positif de l'élément Leclanché.

Pour s'assurer de ce fait, il suffit de prendre la fiche de l'appareil d'opérateur, correspondant au téléphone qu'on tient à l'oreille, d'appuyer la partie large de cette fiche sur le bloc *b*, et de faire avec la partie étroite une série de contacts sur le cylindre 1. Si ces contacts produisent des coups secs de la membrane, la ligne est occupée; si, au contraire, le téléphone est silencieux, la ligne est libre, et on peut introduire

immédiatement la fiche dans le jacknife du poste à appeler.

On voit que l'essai de la ligne est très rapide, et qu'il ne dérange en rien les correspondants qui causent sur cette ligne.

Dans un réseau à circuits métalliques, tel que celui de Paris, la disposition décrite, avec annonciateurs polarisés, est immédiatement applicable.

Mais il existe, dans ce cas, d'autres moyens, pour l'abonné, d'appeler tel ou tel tableau du bureau central.

Si chacun des fils est muni d'un annonciateur, et que l'appel se fasse en prenant des terres, on fera fonctionner à volonté l'un ou l'autre des annonciateurs.

On peut combiner les deux moyens :

Chaque fil étant muni de deux annonciateurs polarisés, l'abonné peut, à volonté, actionner l'un des quatre annonciateurs, à l'exclusion des autres (+ et — avec le fil 1, + et — avec le fil 2).

En opérant, comme précédemment, la répartition du nombre total des jacknifes sur quatre tableaux, on voit qu'on aura quadruplé le nombre total des lignes qu'il est possible de desservir en multiple.

Le poste de l'abonné est disposé comme l'indique la *fig.* 2.

Ce poste est également muni de quatre annonciateurs polarisés a, a', a'', a''', un positif et un négatif sur le fil 1, un positif et un négatif sur le fil 2.

L'abonné appelé peut donc répondre immédiatement en employant la clef convenable qui est d'ailleurs placée sous l'annonciateur correspondant.

On voit que le matériel du poste d'abonné est plus

considérable que dans le cas ordinaire, mais la dépense qui en résulte est largement compensée par l'économie du personnel du bureau central et par la grande rapidité d'établissement des communications.

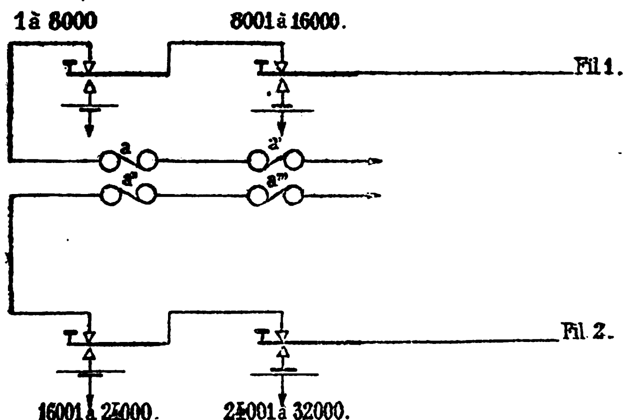


Fig. 2.

En utilisant des tableaux multiples pour 8.000 lignes, il est possible de pourvoir un réseau comme celui de Paris, d'un bureau central permettant de desservir 32.000 lignes en multiple.

Quant aux lignes desservant deux abonnés, on les dispose comme il a été dit plus haut.

Le tableau α (voir précédemment), en transmettant à ses tableaux correspondants les demandes qu'il reçoit, leur indique quel est celui des deux abonnés du fil qui a appelé, afin qu'un courant de sens convenable soit employé par le bureau central.

On peut, de nouveau, doubler le chiffre 4N obtenu, et, au moyen de tableaux à N jacknifes, desservir 8N lignes, mais cet avantage ne s'obtient qu'au détriment de la simplicité d'installation.

Au lieu d'annonciateurs polarisés, chaque fil est muni de relais ; les uns disposés à la façon de rappels par inversion de courant montés en positif, les autres en négatif, les autres non polarisés.

Ces relais sont disposés par groupes de deux, l'un sur un fil, l'autre sur l'autre, et l'annonciateur est placé sur un circuit local qui n'est fermé que dans certaines conditions.

Un groupe de relais étant donné, le circuit local de l'annonciateur pourra être fermé soit par le fonctionnement du relais 1 seul, soit par le fonctionnement du relais 2 seul, soit par le fonctionnement simultané des relais.

Prenons comme exemple le cas représenté *fig.* 3.

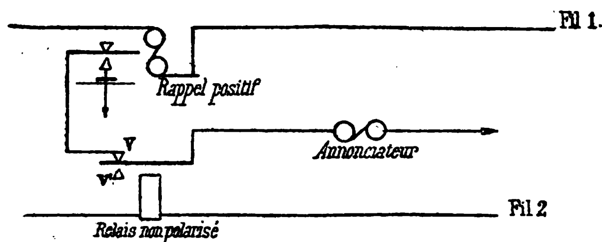


Fig. 3.

L'annonciateur fonctionnera quand le fil 1 sera parcouru par un courant positif, et que le fil 2 ne sera parcouru par aucun courant, et seulement dans ce cas.

Si, dans le relais 2, la communication est établie avec *v'*, au lieu de *v*, l'annonciateur fonctionnera quand le fil 1 sera parcouru par un courant positif, et le fil 2 par un courant quelconque, et seulement dans ce cas.

Si, maintenant, le relais du fil 2 est polarisé comme celui du fil 1, nous avons de nouvelles combinaisons, et la disposition à adopter pour le circuit local est évi-

dente dans chaque cas ; il est inutile de les décrire dans plus de détails.

Les annonciateurs pouvant fonctionner séparément correspondent aux combinaisons indiquées dans le tableau ci-dessous où + désigne un courant positif, — un courant négatif, et O l'absence de courant.

Annonciateurs...	1	2	3	4	5	6	7	8
Fil 1	+	—	+	—	+	—	0	0
Fil 2	+	—	—	+	0	0	+	—

Le poste de l'abonné est disposé comme l'indique la *fig.* 4 :

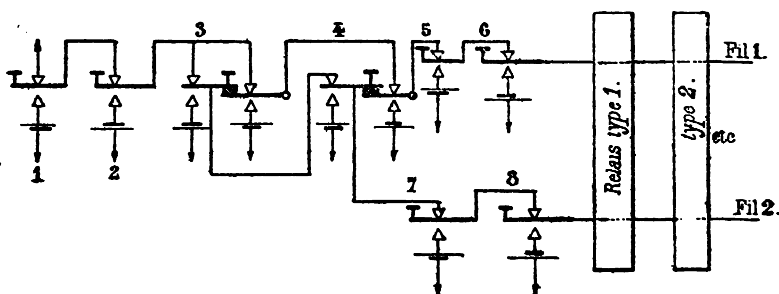


Fig. 4.

Les clefs 3 et 4 sont doubles, composées de deux bras de levier isolés l'un de l'autre et se mettant simultanément en contact, l'un avec une pile positive, l'autre avec une pile négative.

Le courant d'appel émis par l'abonné devant traverser les bobines de tous les relais de son poste, il y a un grand avantage à employer pour l'appel un générateur magnéto-électrique, afin de ne pas multiplier les éléments de pile. Il suffira de redresser les

courants ou de ne prendre, au moyen d'un collecteur convenable, que les courants positifs ou négatifs à volonté. La clef d'appel serait alors remplacée par le collecteur propre, une même manivelle servant à manœuvrer deux paires de bobines, l'une pour le fil 1, l'autre pour le fil 2, et la disposition du collecteur permettant de recueillir de part et d'autre soit les courants positifs, soit les courants négatifs, soit aucun courant.

Au moyen de ce dernier procédé, un peu compliqué, il est vrai, et, dans l'hypothèse précédente, on peut, dans un réseau à double fil, installer un bureau central permettant de desservir en multiple 64.000 abonnés.

E. BOUCHARD.

NOTES SUR LA TÉLÉPHONIE A BERLIN

(NOVEMBRE 1889)

La téléphonie est plus que jamais à l'ordre du jour : téléphonie rurale, urbaine, interurbaine. Le téléphone considéré, il y a quelques années encore, comme un luxe onéreux et comme une curiosité, tend maintenant à s'introduire partout. C'est une poussée étonnante, et aussi un progrès extraordinaire ; la nouveauté d'hier est aujourd'hui surannée ; demain, elle cédera la place. Dans les grandes villes surtout, où le nombre des abonnés aux réseaux téléphoniques se chiffre maintenant par milliers, l'insuffisance des installations primitives s'est fait particulièrement sentir, au point de rendre indispensable une refonte complète de ces réseaux. Nous avons eu la bonne fortune, à la fin de l'année dernière, pendant une courte mission à Berlin, d'y surprendre ainsi, en pleine période de transformation, le réseau téléphonique. Les notes qui suivent sont en partie extraites de notre rapport ; elles pourront, pensons-nous, apporter des indications intéressantes, au moment où, chez nous aussi, s'est posé le gros et difficile problème de la réédification du réseau de Paris. C'est à ce titre que nous croyons devoir les offrir aux lecteurs des Annales.

Le réseau téléphonique de Berlin est aérien à simple fil, des essais de canalisations souterraines avec des câbles de Siemens et Halske n'ayant fourni que de médiocres résultats qui les ont fait abandonner. On conçoit qu'avec le chiffre de 11.500 abonnés, ce réseau soit d'une extrême densité aux points de concentration .

nous avons vu des herses supportant jusqu'à 500 fils aux abords de la Bourse et d'autres bureaux centraux. Des câbles aériens ont même été posés dans certaines traversées; mais, malgré cette nouvelle ressource, ou plutôt cet expédient, on a dû s'émouvoir quand même des difficultés presque insurmontables que présenterait l'extension du réseau dans de semblables conditions; le réseau souterrain devenait nécessaire, et, de fait, nous avons assisté à ses débuts; on mettait en effet la main à des canalisations en tuyaux de fonte de $0^{m},70$ destinés à recevoir des câbles Felten et Guilleaume à 28 fils. Ces câbles étaient déjà expérimentés depuis plusieurs mois, sur une section de 200 mètres environ, aux abords du bureau central 7.

Primitivement les conducteurs aériens étaient constitués en acier de $2^{mm},5$; les inconvénients reconnus de l'emploi de ce métal n'ont pas tardé à se manifester, et on y substitue progressivement le bronze de $1^{mm},2$. De même, les nouveaux isolateurs sont d'un type réduit analogue à notre petit modèle. Le bronze de 2 millimètres est réservé aux communications interurbaines de moins de 100 kilomètres; le calibre de 3 millimètres à celles de longueurs supérieures. Les montants des herses sont constitués en fers ronds, creux, très forts; les traverses, en deux fers méplats accouplés, fixés aux montants par des colliers, et traversés par les tiges droites ou courbes des isolateurs. La question de solidité paraît principale dans l'établissement des artères aériennes, et on ne recule pas devant l'emploi de fers qui nous sembleraient d'une grosseur excessive. Le réseau est, il est vrai, parfaitement assis, et, paraît-il, d'une solidité à l'épreuve des plus fortes bourrasques.

Les fils interurbains sont montés sur appuis spéciaux,

plus élevés que les herses urbaines, par groupes de deux correspondant à un même circuit. Ils aboutissent tous à une salle spéciale, annexe du bureau central 1.

Le réseau de Berlin comptait, en novembre 1889, pour un chiffre de 11.500 abonnés, un développement de 485 kilomètres de lignes et de 19.583 kilomètres de fils, ce qui correspond à une longueur moyenne approximative de 1.800 mètres par fil d'abonné.

Ces lignes aboutissaient à 9 bureaux centraux; ou, pour être plus exact, à 9 bâtiments où étaient installés des bureaux centraux. Mais il y avait en réalité 15 centraux, dont le plus grand nombre étaient partagés eux-mêmes en plusieurs pièces; en totalité, 25 pièces. Comme réseau suburbain, 22 localités de la banlieue, possédant chacune leur petit réseau local, étaient reliées téléphoniquement à Berlin, avec point d'attache général au central le plus rapproché, quelquefois à celui avec lequel les relations téléphoniques présentaient le plus d'activité. Au point de vue interurbain, nous avons trouvé 9 villes en communication avec Berlin, dont la plus rapprochée, Dessau, à 142 kilomètres; la plus éloignée, Breslau, à 350. Chacune de ces villes est au surplus, comme Berlin, dotée de réseaux annexes suburbains.

Le tarif, pour les communications interurbaines, est de 1 mark par 3 minutes; de 3 marks pour les conversations urgentes (*). I taux de l'abonnement au réseau urbain proprement dit est de 150 marks par an dans l'intérieur même de la ville, c'est-à-dire dans le périmètre de distribution par les facteurs de ville. En dehors de ce périmètre, le tarif est majoré de 50 marks par an et par kilomètre ou fraction de kilomètre indi-

(*) Le mark vaut environ 1f,25 et le pfennig, 1centime,25.

visible. Le taux ci-dessus comprend d'ailleurs *toutes* les fournitures et installations nécessaires (appareils, piles, accessoires) ainsi que l'entretien. Un complément de 50 marks est en outre demandé pour l'abonnement aux conversations suburbaines. Dans le cas où l'on n'aurait pas souscrit à cet abonnement complémentaire, on serait tenu à verser la taxe spéciale de 30 ou 50 pfennigs par 3 minutes, suivant les localités.

Les chiffres cités précédemment donnent une idée de la faveur dont jouit le téléphone en Allemagne. Cette faveur s'accroît sans cesse, et l'on me rapportait à cet égard que le chiffre des abonnés de Berlin s'était accru jusqu'ici dans la proportion de 300 par mois entre avril et octobre, c'est-à-dire dans la période de l'année où l'état de la température permet l'exécution des travaux extérieurs.

Les abonnés sont numérotés, et l'appel a lieu au numéro. Les séries de numéros varieront de 1 à 5.000 lorsque, ainsi que nous le verrons plus loin, la transformation actuellement en cours étant achevée, Berlin sera doté d'un réseau neuf avec o centraux montés pour la plupart en multiples Sribner. Un recueil coûtant 1 mark 40 pfennigs contient les numéros des abonnés, le numéro du central correspondant, les noms, domiciles, heures de présence, etc. Il est précédé d'une notice sur les abonnements, les tarifs, avec détails concernant les réseaux suburbains et interurbains, l'emplacement des cabines publiques, une instruction sur l'usage du téléphone, etc; la brochure est complétée par la récapitulation des abonnés par profession.

(*A suivre*). X. SCHAEFFER.

COURS D'ÉLECTRICITÉ

Par M. H. LEBLOND, Agrégé des sciences physiques,
ancien élève de l'École normale supérieure.

La bibliothèque du marin, éditée par MM. Berger-Levrault et Cie, vient de s'enrichir d'un *Cours d'électricité* professé par M. H. Leblond à l'École des officiers torpilleurs.

Deux volumes ont déjà paru; le troisième est en préparation.

Cet ouvrage résume les connaissances en électricité expérimentale et pratique nécessaires à la manœuvre des engins électriques employés dans la marine.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'extraire de ce livre certains paragraphes qui ont plus particulièrement trait aux appareils utilisés par les défenses sous-marines, sujet peu connu en général, sauf des spécialistes.

Les pages qui suivent n'étant que des extraits relatifs à un sujet bien déterminé, le lecteur ne sera pas surpris de retrouver les mêmes questions plusieurs fois répétées à quelques lignes d'intervalle; quant à l'ordre adopté, il est en général celui du Cours.

MESURE DES RÉSISTANCES ET DES CONDUCTIBILITÉS.

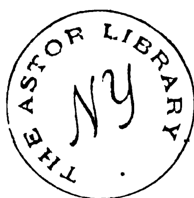
§ 1. *Différents cas où l'on a besoin de mesurer des résistances électriques.*

98. AMORCES (*). — 1° *Classement des amorces électriques au moment de leur fabrication* (**). — La même classe doit renfermer des amorces dont la résistance

(*) Tome II, p. 71.
(**) Voir la définition d'une amorce électrique, p. 220.

0,63	0,86	71,5	111,5	160,2	
0,67	0,92	66,5	104,0	150,0	
0,72	0,98	62,5	97,5	140,5	
0,76	1,04	59,0	92,0	132,5	
0,81	1,10	56,0	87,0	125,0	
0,85	1,16	52,6	82,1	118,0	
0,90	1,22	50,0	78,0	112,5	
0,94	1,29	47,5	74,3	107,0	
0,99	1,35	45,5	71,0	102,5	
1,03	1,41	43,5	67,9	98,0	
1,08	1,47	41,6	65,0	94,0	

IMPRIMERIE NATIONALE.



électrique varie entre certaines limites; la mesure de cette résistance peut être dès lors faite avec une approximation assez faible.

99. 2° *Choix des amorces d'une même classe qui doivent faire partie d'un même chapelet.* — Il importe pour la bonne confection d'un chapelet, que les amorces le composant aient une résistance aussi identique que possible. L'approximation dans leur mesure devra être plus grande que dans le cas précédent.

CONDUCTEURS. — Les expériences les plus usuelles sur les conducteurs sont les suivantes :

1° Recherche de la conductibilité du cuivre formant l'âme des conducteurs en usage dans le service des défenses sous-marines;

2° Recherche de l'état électrique d'un circuit ;

3° Mesure de l'isolement des conducteurs;

4° Travaux de Commissions d'expériences;

5° Épreuve d'isolement des câbles armés.

PILES. — Il est également nécessaire d'étudier une pile.

MACHINES ÉLECTRIQUES. — Il est indispensable de connaître l'état de leur circuit pendant leur fonctionnement.

259. RÉSISTANCE DE LA MER (*). — Dans le service des défenses sous-marines les plaques sont immergées dans la mer.

La mer est beaucoup plus homogène que la terre; les contacts des plaques mieux et plus uniformément assurés. Néanmoins, on retrouve les mêmes influences que dans le cas de plaques enfouies dans le sol, c'est-à-dire la polarisation des plaques, les courants prove-

(*) Tome I, p. 133.

nant de l'attaque différente des plaques par les sels de l'eau, enfin les courants telluriques.

De nombreuses expériences ont été entreprises de 1882 à 1886 par M. Leblond, sur la côte de l'île d'Oléron et à Toulon, pour déterminer la résistance par laquelle il convient de remplacer l'influence de la mer pour le calcul des intensités des courants, dans les circonstances ordinaires du service des défenses sous-marines.

M. Leblond a d'abord mis en évidence les courants telluriques et étudié leurs variations; il a employé des plaques tirées de la même feuille de cuivre et plongées dans la mer à des distances de 100 à 1.500 mètres. Les conducteurs, aériens ou souterrains, reliant les plaques, étaient également en cuivre.

Voici les principaux résultats de ces expériences :

1° Deux plaques de cuivre de même dimension et de même métal plongées dans la mer et reliées à un galvanomètre donnent naissance à des courants assez intenses, si le circuit n'est pas trop résistant;

2° Si le galvanomètre employé pour l'étude de ces courants est suffisamment résistant, les courants telluriques, très variables suivant les différentes heures d'une même journée, montrent une remarquable régularité dans ces variations; les différentes modifications obtenues dans une même journée, pour l'intensité du courant, se reproduisent, dans leurs moindres détails, dans la journée suivante;

3° Cependant les différentes phases, par lesquelles passe l'intensité du courant, ne se reproduisent pas périodiquement à la même heure solaire. Elles sont sujettes à un retard régulier, analogue à celui des marées. Il y a donc là de véritables marées électriques.

M. Leblond les a constatées aussi bien dans la Méditerranée que dans l'Océan.

Nous donnerons à propos de l'induction terrestre quelques-unes des courbes d'intensité relevées, mettant bien en évidence ces différents points;

4° Pour un même circuit réunissant les deux plaques, l'intensité du courant est à peu près proportionnelle à leur distance.

260. L'étude de la résistance de la mer a donné les résultats suivants :

1° Avec des plaques égales : la résistance de la mer varie avec le sens du courant, si la pile employée pour la mesure de la résistance est faible. Cette résistance, comme il fallait s'y attendre, est moins grande quand le courant de la pile de mesure marche dans le même sens que le courant fourni par les plaques seules.

Si la pile est puissante, si par conséquent le courant qui sert à la mesure est intense, on n'observe plus de différence bien marquée dans la résistance, avec le changement de sens du courant;

2° Quand les plaques sont de grandeurs différentes, la résistance mesurée varie considérablement avec le sens du courant de la pile si le courant est faible; la variation est beaucoup moins grande, quoique encore accusée, si le courant est intense. La résistance est plus faible, quand le courant de la pile va dans la mer de la plus petite des plaques à la plus grande, c'est-à-dire quand la plus petite des plaques est reliée au pôle positif de la pile de mesure.

Ainsi, les mesures étant faites de telle manière que le circuit ne restât fermé que quelques secondes, nous avons trouvé, avec une plaque de cuivre de 40 centimètres de côté et un bout de fil dénudé servant de

seconde plaque, placés à 1000 mètres environ de distance dans la mer, une résistance de 6,62 ohms quand la plaque était reliée au pôle positif et seulement 1,73 ohm quand le bout de fil dénudé était au contraire positif, l'intensité du courant étant environ 0,07 ampère.

Si le courant avait une intensité de 0,25 ampère, les résistances étaient, dans les mêmes circonstances, 1,15 ohm et 4,20 ohms.

Avec 0,85 ampère, les résistances étaient 1,04 ohm et 1,20 ohm, et avec 2,4 ampères, 0,61 ohm et 0,66 ohm;

3° La résistance de la mer est d'autant plus petite que le courant qui sert à la mesurer passe pendant moins longtemps, surtout si la pile de mesure a une faible force électromotrice;

4° Lorsque le courant n'est pas absolument instantané, la résistance mesurée est d'autant plus faible que le courant est plus intense. Les nombres que nous avons donnés plus haut dans le cas de plaques inégales le montrent clairement. Cela tient à ce que les forces électromotrices dont le conducteur terrestre est le siège deviennent de plus en plus négligeables à mesure que le courant devient plus intense, c'est-à-dire que la pile a une force électromotrice plus grande;

5° La résistance diminue quand les plaques augmentent;

6° La résistance diminue, mais d'une manière presque insensible, quand les plaques sont rapprochées de 1.500 à 400 mètres;

7° Pour des plaques de cuivre de 40 centimètres de côté et des fermetures de quelques secondes, on peut, jusqu'à une distance de 2 kilomètres environ, adopter les chiffres suivants pour la résistance de la mer :

Avec un courant de 0,07 ampère, une résistance de 2,5 ohms;

—	0,30	—	2
—	1,00	—	1,5
—	1,50	—	1

Au delà de 1,5 ampère, on pourra continuer à prendre 1 ohm comme résistance. Ces chiffres sont des maximum pour les résistances.

§ 2. *Méthodes principales employées pour la mesure d'une résistance électrique.*

Les méthodes principales sont :

Méthode du pont de Wheatstone;

Méthode de substitution;

Application directe de la formule de Ohm ;

La description des appareils, des manières d'opérer dans les différents cas, accompagnée de nombreux exemples numériques, fait l'objet des paragraphes suivants dont nous extrayons le tableau ci-dessous :

188. Résistance (*) des conducteurs réglementaires du service des défenses sous-marines.

DÉSIGNATION du CONDUCTEUR	RÉSISTANCE en ohms (*) par mètre		NOM DU CONDUCTEUR DANS LE SERVICE
	à 0° C	à 14° C	
Toron de 7 fils de 1^{mm} . . .	0,00290	0,00306	
Toron de 7 fils de $1^{mm},14$.	0,00220	0,00232	Conducteur à 7 fils.
Toron de 7 fils de $0^{mm},4$.	0,01792	0,01889	Câble militaire.
Toron de 3 fils de $0^{mm},6$.	0,01858	0,01958	Fil de sonnerie n° 2.
Toron de 3 fils de $0^{mm},5$.	0,02676	0,02820	Fil de sonnerie n° 1.
Fil unique de $1^{mm},14$ . . .	0,01545	0,01628	Fil d'amorce n° 2.
Fil unique de 1^{mm}.	0,02006	0,02114	Fil d'amorce n° 1.
Toron de 3 fils $0^{mm},7$ . . .	0,01365	0,01438	Remorque de combat.
Toron de 4 fils de $0^{mm},7$. .	0,01024	0,01079	Câble armé à 2 conducteurs pour les torpilleurs.
Toron de 7 fils de $0^{mm},6$.	0,00796	0,00838	Remorque d'exercice

(*) Ohms légaux.

(*) Tome II, p. 120.

L'auteur étudie ensuite la mesure de l'intensité des courants et des quantités d'électricité. Les principales méthodes sont décrites avec le plus grand soin. Examinant les constantes des divers instruments employés, M. H. Leblond s'occupe en ces termes des appareils plus particulièrement en usage dans le service des défenses sous-marines.

282. CONSTANTES (*) ET COEFFICIENTS DES AMPÈREMÈTRES ET DES VOLTMÈTRES DANS LE SERVICE DES DÉFENSES SOUS-MARINES. — Dans le service des défenses sous-marines, les constantes des ampèremètres et voltmètres devront pouvoir être déterminées en faisant uniquement usage du matériel réglementaire.

Pour déterminer la constante et le coefficient d'un voltmètre, nous prendrons, comme pile de force électromotrice connue, une pile Poggendorff (pile vigilante). Cette pile a, en effet, une force électromotrice assez constante, pourvu que le courant qu'on lui demande ne soit pas trop grand et que la pile ne soit pas montée depuis trop longtemps. Des expériences nombreuses et suivies ont montré que la pile vigilante possède une force électromotrice parfaitement déterminée et toujours la même quand on monte la pile toujours de la même manière et qu'on attend quelques heures avant de s'en servir. Cette force électromotrice est 2,06 volts par élément, si la pile est montée conformément aux indications que nous avons données (**) et si on la mesure 6 heures après le montage. Cette force électromotrice de 2,06 volts se maintient

(*) Tome II, p. 171.

(**) 38. PILE POGGENDORFF OU PILE VIGILANTE (Tome II, p. 19). — Dans un couple Poggendorff, le pôle négatif est constitué par une lame de

constante pendant près de 24 heures, si on ne fait pas travailler la pile.

Pour un voltmètre de 100 volts, une pile de 30 éléments sera convenable.

A bord des navires, quand les piles Poggendorff elles-mêmes manquent, on pourra faire usage des piles Leclanché servant à l'inflammation des torpilles, à la condition que ces piles soient nouvellement montées.

On prendra comme force électromotrice 1,42 volt par élément.

Il faudra réunir en tension, pour un voltmètre de 100 volts, au moins 24 éléments Leclanché, soit 3 piles dites *piles d'inflammation de bord à* 8 *éléments.*

Pour la détermination des constantes des ampèremètres, la source électrique sera évidemment la machine électrique pour laquelle l'ampèremètre est délivré ; la résistance sera la résistance de la boîte de sûreté Leblond, qui accompagne cette machine ou toute autre résistance analogue construite en maillechort et dont la valeur est connue.

S'il s'agit d'un des ampèremètres de 3 ampères em-

zinc, enroulée en cylindre, plongeant dans de l'eau salée placée dans un vase en grès.

Le zinc doit être bien amalgamé.

Le pôle positif est formé par une lame de charbon plongeant dans un mélange de bichromate de potasse et d'acide sulfurique renfermé dans un vase poreux intérieur au vase en grès.

Voici comment se fait le mélange dépolarisant d'acide sulfurique et de bichromate de potasse. On fait à chaud une dissolution saturée de bichromate (200 grammes pour un litre d'eau) et on ajoute, après refroidissement, 130 centimètres cubes d'acide sulfurique à 66° B. pour un litre de solution bichromatée. L'acide ne doit s'ajouter que peu à peu pour éviter un échauffement trop grand. Les cristaux de bichromate non dissous dans l'eau se dissolvent après l'addition d'acide.

ployés pour le service des lignes de torpilles vigilantes, on emploiera comme source la pile vigilante qui se trouve dans le poste en même temps que l'ampèremètre.

Nous allons du reste donner quelques exemples.

283. 1° *Coefficient d'un voltmètre de* 100 *volts au moyen d'une pile vigilante.* — Les deux bornes du voltmètre étant mises en relation avec les deux pôles d'une pile vigilante (pile Poggendorff) de 30 éléments, 6 heures après son montage, nous obtenons une déviation δ égale à 66,5; la force électromotrice E de la pile est $2{,}06 \times 30$ ou 61,8 volts.

Le coefficient est alors

$$V\,(*) = \frac{E}{\delta},$$

ou

$$V = \frac{61{,}8}{66{,}5} = 0{,}929.$$

La constante de ce voltmètre est

$$K = \frac{V}{g};$$

La résistance de l'instrument particulier qui nous occupe étant 2,140 ohms, la constante sera

$$K = \frac{0929}{2140} = 0{,}000434.$$

Cette constante K ne sera que rarement utilisée; le coefficient V est au contraire d'un emploi continuel; il est d'ailleurs voisin de 1.

284. Avant de procéder à la mesure de la déviation δ, il est bon de s'assurer que la pile a été bien

(*) V. coefficient du voltmètre désigne le produit de la constante K par la résistance g du voltmètre.

montée. On cherchera à cet effet, les déviations données au voltmètre par chacun des groupes de 5 éléments contenus dans une boîte ; ces déviations doivent être identiques. Si certaines boîtes donnent des déviations notablement inférieures à celles des autres, il faut en recommencer le montage. Pour faire ces épreuves, les boîtes doivent rester réunies en tension, et il suffit de mettre les bornes extrêmes de chacune d'elles en relation avec les extrémités des fils du voltmètre, en ayant soin seulement de bien nettoyer les points de contact.

. . . .

Les paragraphes suivants sont relatifs à la détermination :

1° De la constante d'un voltmètre de 100 volts au moyen d'une pile Leclanché;

2° De la constante d'un ampèremètre de 100 ampères au moyen d'un voltmètre ;

3° De la constante d'un ampèremètre de 50 ampères au moyen d'un voltmètre ;

4° De la constante d'un ampèremètre de 3 ampères au moyen d'un voltamètre à eau acidulée.

Enfin à la vérification de la graduation d'un ampèremètre ou d'un voltmètre.

Dans les diverses applications des méthodes enseignées, nous extrayons d'une part le tableau suivant des isolements kilométriques minima exigés par les marchés de la marine pour les divers conducteurs en service, et, d'autre part, la mesure de la résistance de la mer et celle des amorces électriques.

338. TABLEAU DES ISOLEMENTS KILOMÉTRIQUES MINIMA DES DIVERS CONDUCTEURS EMPLOYÉS DANS LE SERVICE DES DÉFENSES SOUS-MARINES (*).

NOM DU CONDUCTEUR	NATURE de L'ISOLANT	ISOLEMENT KILOMÉTRIQUE MINIMUM
Fil d'amorce.	Gutta-percha.	300 millions d'unités Siemens (**) à 20°
Fil de sonnerie.	Gutta-percha.	400 — à 20°
Câble militaire.	Gutta-percha.	200 — à 20°
Conducteur à 7 fils . .	Gutta-percha.	400 — à 14°
Câble armé à 7 fils. .	Caoutchouc.	1.500 — à 20°
Remorque de combat.	Caoutchouc.	400 — à
Câble armé à 7 conducteurs (7 fils de $0^{mm},6$ pour chaque conducteur).	Gutta-percha.	475 mégohms. . . . . à 24°
Câble d'amorce à 2 conducteurs	Gutta-percha.	400 — à

MESURE DE LA RÉSISTANCE DE LA MER (***).

345. *Disposition des circuits.* — La résistance de la mer peut se mesurer par la méthode générale que nous avons exposée plus haut (****) ; c'est ainsi que nous avons obtenu les résultats indiqués ci-dessus.

La *fig.* 1 indique schématiquement la disposition que nous avons adoptée.

Un circuit est formé d'une pile P de puissance convenable composée d'un certain nombre d'éléments Poggendorff en tension, d'un commutateur Bertin F,

(*) Tome II, p. 210.

(**) On ne tardera pas sans doute à substituer l'ohm légal à l'unité Siemens dans le service de la marine. N. D. L. R.

(***) Tome II, p. 213.

(****) Application de la formule de Ohm à une portion quelconque d'un circuit : $I = \frac{D}{R}$, en appelant I l'intensité du courant qui circule dans la portion du circuit considéré, R la résistauce de cette portion de circuit, D la différence de potentiel entre les deux extrémités de cette portion du circuit (tome II, p. 94).

d'une caisse de résistance R, de l'ampèremètre Thomson G et de conducteurs réunissant entre eux ces divers appareils et aboutissant aux plaques de cuivre M et M' plongées dans la mer à une distance connue l'une de l'autre.

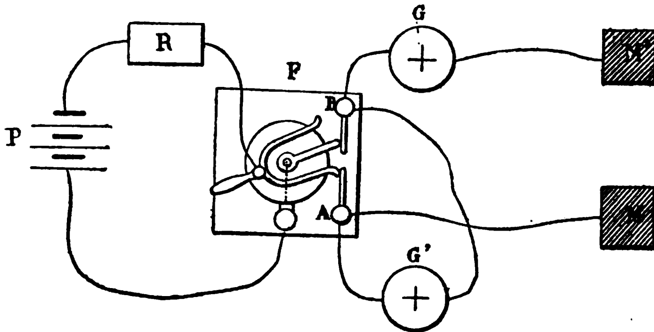


Fig. 1.

On donne à la résistance de la caisse R une valeur telle que l'intensité du courant mesurée à l'ampèremètre G soit celle pour laquelle on veut avoir la résistance de la mer. On mesure cette intensité I, comme il a été indiqué.

Un voltmètre Thomson G' est, d'autre part, mis en dérivation entre les points A et B et sert à mesurer la différence de potentiel D entre ces points.

La résistance de toute la partie du circuit AMM'CB est alors

$$R = \frac{D}{I}.$$

La résistance de la mer est égale à cette résistance diminuée de la résistance des conducteurs de communication et du galvanomètre G.

MESURE DES AMORCES ÉLECTRIQUES (*).

346. *Constitution d'une amorce électrique.* — Une amorce électrique est un bout de fil fin de platine ou d'un alliage de platine et d'iridium qui peut être porté, quand il est introduit dans le circuit d'une pile ou d'une machine électrique, à une température suffisante pour provoquer l'inflammation d'une substance explosible en contact avec lui, du coton-poudre, par exemple, qui lui-même détermine l'explosion d'une charge de poudre ou de fulminate de mercure enfermée dans une douille recouvrant le fil de platine.

Nous ferons, dans le troisième volume de cet ouvrage, une étude complète des amorces électriques. Cette étude montre qu'une amorce est parfaitement connue électriquement, quand on a mesuré :

1° La résistance de l'amorce à froid, c'est-à-dire lorsqu'elle est parcourue par un courant très faible ;

2° L'intensité du courant minimum nécessaire pour amener l'explosion de l'amorce ;

3° La résistance de l'amorce au moment de son explosion ;

4° L'intensité du courant nécessaire pour amener l'explosion de l'amorce au bout d'un temps déterminé très petit.

Nous allons montrer comment se font ces diverses mesures.

347. *Mesure de la résistance d'une amorce à froid.* — Cette mesure de résistance se fera par la méthode du pont de Wheatstone, en prenant pour pile un élément à eau salée.

(*) Tome II, p. 214.

348. *Mesure de l'intensité du courant minimum d'explosion.* — On forme un circuit comprenant l'amorce A, un galvanomètre G, une pile P, un interrupteur I, et un rhéostat R, qui permettra de faire varier la résistance du circuit d'une manière continue sans avoir à ouvrir le circuit (*fig.* 2).

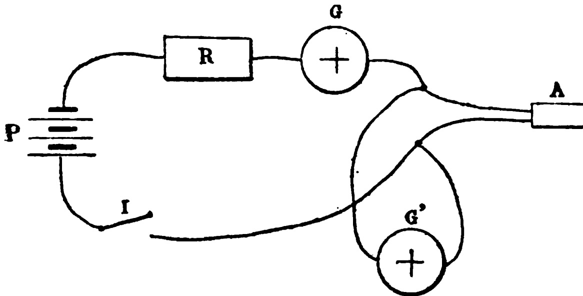


Fig. 2.

Le galvanomètre employé devra être suffisamment apériodique pour que son index se déplace d'une façon continue à mesure que la résistance introduite dans le circuit varie elle-même d'une manière continue. On emploiera ou un ampèremètre Thomson, ou un ampèremètre Deprez et Carpentier de 0 à 1 ampère.

L'interrupteur étant fermé et la résistance ayant une valeur assez grande pour que l'amorce n'explose pas, on attend que l'index du galvanomètre ait pris sa position d'équilibre. On diminue alors graduellement la résistance du rhéostat, tout en suivant de l'œil la position de l'index du galvanomètre, jusqu'à ce que l'amorce explose. Soit δ la déviation du galvanomètre à ce moment et K sa constante : l'intensité du courant minimum d'explosion de l'amorce est

$$I = K\delta.$$

La variation de la résistance doit se faire très lentement; un intervalle de temps de quelques secondes sera mis entre deux changements consécutifs dans la résistance.

349. *Mesure de la résistance de l'amorce au moment de l'explosion.* — Pour avoir la résistance de l'amorce au moment de l'explosion, on mettra en dérivation entre les branches de l'amorce un galvanomètre G (*fig.* 2) de grande résistance par rapport à celle de l'amorce et suffisamment apériodique, un voltmètre Thomson, par exemple.

On notera la déviation δ' de ce voltmètre, au moment de l'explosion de l'amorce. Si on désigne par V le coefficient du voltmètre, la différence de potentiel D entre les branches de l'amorce, au moment de l'explosion, sera

$$D = V\delta'.$$

La résistance R de l'amorce, au moment de l'explosion, sera dès lors

$$R = \frac{D}{I} = \frac{V\delta'}{K\delta}.$$

350. *Mesure de l'intensité du courant nécessaire pour amener l'explosion au bout d'un temps déterminé.* — On forme un circuit composé d'une pile de puissance convenable, d'un rhéostat, de l'amorce à essayer, et enfin d'un interrupteur disposé de façon à produire des fermetures de courant de durée connue et variable à volonté.

Le circuit étant ouvert, on donne au rhéostat une résistance suffisamment grande pour que l'amorce ne puisse exploser; on fait au moyen de l'interrupteur

une fermeture de circuit de la durée particulière que l'on veut essayer: l'amorce n'explose pas.

On ouvre l'interrupteur, on donne au rhéostat une résistance plus faible; on fait de nouveau une fermeture de circuit de durée déterminée. En diminuant progressivement la résistance du rhéostat, il arrive que, pour une résistance déterminée, l'amorce explose. Pour avoir alors l'intensité du courant, sans toucher au rhéostat, on remplace l'amorce par un galvanomètre et une boîte de résistances; on débouche dans cette boîte de résistances une résistance qui, ajoutée à celle du galvanomètre, fasse une somme égale à la résistance R de l'amorce à la température de 100 degrés. Si on observe alors la déviation δ du galvanomètre et si on connaît sa constante K, l'intensité du courant qui passe actuellement, courant sensiblement égal au courant moyen qui a été lancé dans l'amorce, est

$$I = K\delta.$$

Il faut laisser s'écouler un certain temps entre deux fermetures consécutives du circuit, de façon à laisser se dissiper à chaque fois l'échauffement de l'amorce produit par la fermeture du circuit précédente.

On peut recommencer une série de mesures en procédant cette fois par courants décroissants. A cet effet, on donnera d'abord au rhéostat une résistance notablement plus petite que la résistance R_1 du dernier essai de la série précédente; l'amorce explosera lors de la fermeture du circuit. On augmente progressivement la résistance du rhéostat en essayant chaque fois si l'explosion d'une autre amorce se produit encore. Pour une certaine résistance du rhéostat, l'explosion

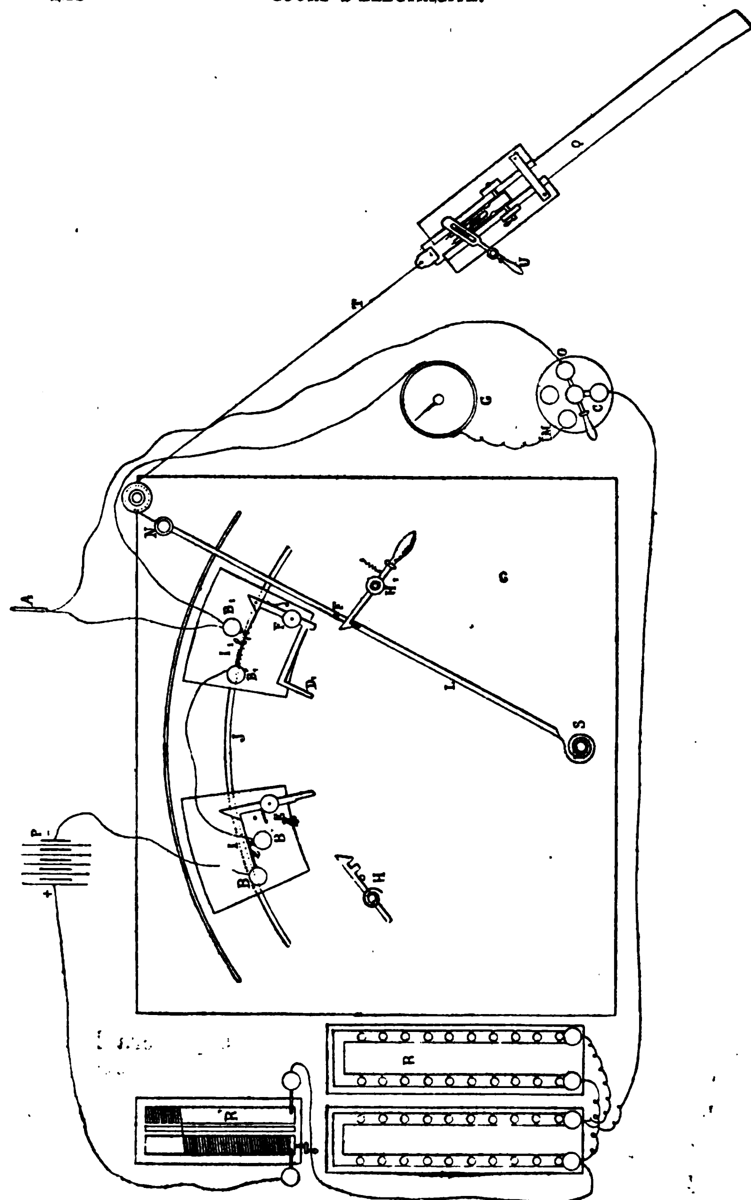


Fig. 3.

n'a plus lieu ; la résistance précédemment essayée permettra encore de mesurer le courant d'explosion. Ce courant doit être approximativement le même que celui donné par le mode de procéder précédemment développé. Il est clair qu'en procédant ainsi par courants décroissants, on consomme un nombre d'amorces plus considérables et, comme l'amorce qui cesse d'exploser à un moment donné n'est pas la même que celles pour lesquelles on a obtenu l'explosion dans les essais antérieurs, on peut commettre une erreur assez grande dans l'évaluation du courant d'explosion.

351. *Interrupteur permettant d'obtenir des fermetures de circuit de durée connue et variable à volonté.* — Nous décrivons ici une forme d'interrupteur que nous avons employée et qui nous paraît très commode pour obtenir les fermetures de circuit de durée connue et variables nécessaires pour l'étude complète des amorces.

Une tige L en laiton (*fig.* 3) est montée sur un axe V ; un ressort puissant S tend à faire tourner vivement cette tige vers la gauche de l'appareil.

Deux interrupteurs I et I_1 sont placés à des distances variables l'un de l'autre, grâce à une rainure J dans laquelle ils peuvent glisser. Dans la position de repos, les contacts B et B', de l'interrupteur I sont maintenus réunis par le levier D ; ceux B_1 et B'_1, de l'interrupteur I_1 sont au contraire maintenus écartés par le levier D_1. A cet effet, les lames métalliques élastiques l et l_1 sont en prise avec les leviers D et D_1.

Si la tige L, primitivement maintenue par l'arrêt H_1, est rendue libre, un doigt F que porte cette lame vient, en agissant sur le levier D_1, fermer l'interrupteur I_1,

puis, un instant après, en agissant sur le levier D, ouvrir l'interrupteur I.

Le temps de la fermeture du circuit, c'est-à-dire le temps écoulé entre la fermeture de l'interrupteur I_1 et l'ouverture de l'interrupteur I est mesuré de la façon suivante :

352. *Réglage de l'interrupteur.* — La tige L entraîne dans son mouvement, au moyen de la corde T, une lame d'acier Q, recouverte de noir de fumée, sur laquelle un diapason K muni d'une pointe inscrit ses vibrations. Le diapason est étalonné, c'est-à-dire que l'on a déterminé le nombre des vibrations faites par ce diapason en 1 seconde.

Les interrupteurs I et I_1 étant fixés dans la rainure J, à une position quelconque, et les lames élastiques l et l_1 qui les constituent étant en prise avec les leviers D et D_1, on arrête la tige I au moyen de l'arrêt H_1, le fil T est tendu et la lame d'acier Q noircie est fixée à son extrémité. On met alors en marche le diapason, en agissant sur le levier U, puis aussitôt après, on rend libre la tige L, qui se déplace rapidement vers la gauche, sous l'action de son ressort; le diapason inscrit ses vibrations sur la lame d'acier pendant toute cette course.

On peut d'abord constater que ces vibrations sont inscrites très régulièrement, que par suite les chocs du doigt F sur les leviers D et D_1 n'influent en rien sur la vitesse de la course de la tige L. De plus, on voit que cette vitesse est presque absolument uniforme, sauf dans une très petite portion du commencement et de la fin de la course.

353. Ces premières constatations faites, on fixe le premier interrupteur I_1 à une position quelconque,

mais soigneusement repérée de la rainure J ; la tige L étant ramenée en arrière et le fil T tendu, on fait courir cette tige L à la main, très lentement, jusqu'à ce que le doigt F venant buter sur le levier D_1, on obtienne le déclanchement de la lame élastique l_1, qu'on a remise en prise avec le levier D_1. On trace alors un trait sur la lame d'acier portant les vibrations, vis-à-vis d'un repère tracé lui-même sur la coulisse de cette lame, en face de la pointe du diapason.

On compte, à partir du trait de la lame d'acier, un nombre de vibrations correspondant à la durée de passage du courant que l'on veut expérimenter. Si, par exemple, le diapason fait 495 vibrations par seconde, on comptera 49,5 vibrations pour 1/10 de seconde et 4,95 pour 1/100 de seconde ; on trace un second trait sur la lame d'acier.

On place le second interrupteur I dans la rainure J de telle façon qu'en continuant à faire courir la tige L à la main, le cordon tendu, on obtienne le déclanchement de la lame élastique l de ce second interrupteur, au moment précis où l'on voit passer devant le repère de la coulisse le second trait tracé sur la lame des vibrations. L'intervalle de temps qui s'écoule entre le déclanchement des deux interrupteurs est donc alors 1/10 ou 1/100 de seconde.

354. Mais, si l'ouverture de l'interrupteur I et, par suite, la cessation de passage du courant coïncide bien avec le déclanchement de cet interrupteur, la fermeture du circuit ne coïncide pas exactement avec le déclanchement de l'interrupteur I_1, puisque, après le déclanchement, la lame élastique l_1 doit venir toucher le contact B_1 pour que la fermeture du circuit soit assurée. La course de cette lame est rendue assez

courte et sa tension assez forte pour que le temps employé pour cette course soit petit. Cependant, étant donnée la petitesse des temps mesurés, on en tient compte de la manière suivante.

On fait vibrer la lame l_1 à côté du diapason étalon, après l'avoir munie d'un fil d'acier très fin. On peut chercher alors le nombre des vibrations du diapason comprises dans une vibration de la lame l_1 ; on mesure la course de cette lame et on calcule par suite la fraction de vibration de la lame correspondant au chemin qu'elle a à parcourir pour assurer le contact; on en déduit alors facilement le nombre de vibrations du diapason correspondant. Il suffit d'augmenter de ce nombre l'intervalle entre les deux traits tracés sur la lame d'acier et qui servent à régler la position des interrupteurs.

Nous complèterons ces extraits par le tableau suivant :

357. *Tableau des forces électromotrices et des intensités en court circuit minima et des résistances intérieures maxima correspondant aux piles employées dans le service des défenses sous-marines* (*).

NATURE DE LA PILE	FORCE électromotrice en volts minima	INTENSITÉ en court circuit en ampères minima	RÉSISTANCE intérieure en ohms maxima
Pile vigilante (Poggendorff). . .	2 × n	8	0,25 × n
Pile Leclanché à agglomérés — d'inflammation.	1,4 × n	3	0,47 × n
Pile Leclanché à agglomérés — télégraphique. .	1,4 × n	1	1,4 × n

(*) Tome II, p. 223.

L'OZOKÉRITE (*)

On compte au nombre des consommateurs d'ozokérite, l'Administration des Postes et des Télégraphes, qui l'a employée, pendant plus de onze ans, presque entièrement pour la protection de ses fils souterrains isolés par la gutta-percha, en remplacement du goudron de Stockholm dont on s'était presque universellement servi jusqu'alors, mais qui a été abandonné à cause de son action sur la qualité du fil recouvert de gutta-percha employé à cette époque. L'action du goudron de Stockholm sur la gutta-percha était bien connue; on savait qu'il tendait à réduire considérablement l'isolement. Mais il a été, et est encore, utilisé dans certains milieux, qui le font entrer dans une combinaison avec un tissu quelconque, et où on le considère comme le meilleur préservateur pour les fils de gutta-percha placés dans des souterrains ou des tunnels. Les fils recouverts de gutta-percha étaient protégés par du ruban bien goudronné; c'est ce qu'on avait trouvé de mieux en y joignant la meilleure qualité de matière. Mais vers l'année 1878 on abandonna l'emploi du goudron, et quelques expériences ayant été faites pendant un certain temps avec de l'ozokérite, on estima que ce minéral convenait; depuis lors on l'a employée d'une manière presque continue. L'usage de l'ozokérite a été expérimenté plusieurs années avant

(*) Voir *Annales télégraphiques*, janvier-février 1890, p. 28.

que le goudron ne fût définitivement abandonné. On ne trouva pas que par lui-même c'était un préservateur de la valeur qu'on lui avait attribuée dès l'abord, car il ne tendait pas à préserver, dans la mesure espérée, le tissu avec lequel il était combiné. Un certain mélange des goudrons de Stockholm (dont les qualités antiseptiques ont été si bien établies) a donné les résultats désirés, et, depuis l'abandon du goudron pur, les fils de gutta-percha souterrains du Post Office ont été protégés au moyen d'un ruban bien trempé dans un mélange d'ozokérite et de goudron. Il vaut la peine de mentionner que, comme résultat pratique, l'emploi de l'ozokérite a été reconnu comme améliorant l'isolement.

La préparation des câbles souterrains pour les rues de Londres et les villes de province est un travail important, qui a été invariablement exécuté, autrefois par l'Electric and International Telegraph Company, et ultérieurement par le Post Office, à la manufacture de Gloucester Road, où les fils isolés ont été reçus directement des manufacturiers et où, après avoir été entièrement recouverts du ruban préparé avec une composition d'ozokérite, ils ont été câblés suivant les modèles adoptés. Le ruban employé à cet effet est d'un genre spécial ; on le trempe d'abord dans un bain de composition, puis on le rafraîchit en le plongeant dans l'eau. Cette composition consiste en trois parties en poids d'ozokérite et une partie de goudron de Stockholm ; on la tient chaude dans une chaudière et on la maintient à la température la plus basse à laquelle on peut la conserver à l'état de fluide ; l'eau refroidit le ruban préparé et l'empêche de se coller à mesure qu'on l'enroule sur une bobine. Les fils sont entourés de

ruban comme à l'ordinaire; le fil de gutta-percha ainsi traité se conserve d'une façon très satisfaisante. La qualité de l'ozokérite employée par le Post Office n'est pas aussi dure que celle généralement en usage; elle est plus molle et présente quelques traits caractéristiques. Elle fond également à une température plus basse, vers 156 degrés Fahrenheit et, comme on peut le supposer, elle se mélange parfaitement avec le goudron.

On verra donc, d'après ce que nous avons dit, que ce minéral ou « cire de terre (earth-wax) » constitue une industrie importante et que l'on en demande de grandes quantités, non seulement pour nos fils souterrains, mais aussi pour nos fils électriques aériens, attendu que tous les fabricants de câbles et de fils font une grande consommation d' « ozokérite » à cause de son pouvoir isolant et préservant l'extérieur des fils. Il serait très difficile de la remplacer pour la fabrication des fils électriques légers, car, tandis que l'ozokérite possède un grand nombre des qualités de la cire paraffine, elle en a d'autres que cette matière ne possède pas. Il est donc fort à désirer que l'on continue de produire ce minéral, et les récentes découvertes faites aux États-Unis sont par conséquent les bienvenues.

(*Telegraphic Journal and Electrical Review*, 6 décembre 1889.)

SUR LA FORCE ÉLECTROMOTRICE

NÉCESSAIRE POUR PRODUIRE UN COURANT D'INTENSITÉ VARIABLE LE LONG D'UN CONDUCTEUR CYLINDRIQUE

Tel est le titre d'un des paragraphes (*) du beau traité de Maxwell, dans lequel cet auteur donne l'expression de la force électro-motrice E, en fonction de l'intensité I et de ses dérivées successives, ainsi que des constantes physiques du fil. En appliquant cette formule à des courants alternatifs de période donnée, on constate :

1° Que la résistance et la self-induction statiques (**) du fil doivent être remplacées par une résistance et une self-induction réelles;

2° Que la résistance réelle est toujours plus grande que la résistance statique;

3° Que le facteur par lequel il faut multiplier la résistance statique pour avoir la résistance réelle augmente avec le diamètre du fil.

Cette question intéresse vivement les ingénieurs électriciens, car elle paraît imposer pour la résistance effective d'un réseau d'éclairage par courants alter-

(*) Maxwell, *Traité d'électricité et de magnétisme*, § 689. Traduction de M. Séligmann-Lui, vol. II, p. 360.

(**) Nous désignons par *résistance statique* d'un conducteur sa résistance mesurée en courant continu, et par *résistance réelle* ou *effective* celle qui intervient réellement comme résistance dans les calculs, par exemple dans celui de l'énergie dépensée dans le conducteur. La même observation s'applique au coefficient de self-induction.

natifs à basse tension, une limite inférieure pratique, qui serait de beaucoup supérieure à la limite pour courants continus. Elle intéresse aussi très vivement les ingénieurs qui s'occupent de téléphonie, car elle donne la clef de l'impossibilité où l'on est d'employer le fer pour la téléphonie à longue distance, et quand la cause du mal est connue, le remède n'en est souvent pas loin.

Nous allons donc reprendre cette question. Nous ne présenterons pas ici la démonstration de Maxwell, qui suppose la connaissance préalable des propriétés du potentiel vecteur électro-magnétique. Nous emploierons de préférence une démonstration qui ne suppose connus que les principes généraux de l'induction.

Supposons en effet un fil de résistance R traversé par un courant d'intensité I, sous l'action d'une force électromotrice variable E. Désignons par μ la perméabilité magnétique du métal et par Φ le flux de force magnétique embrassé par le circuit. Par le fait même que le circuit est traversé par un courant, il en résulte qu'il se trouve dans un champ magnétique. Il peut d'ailleurs se trouver dans le voisinage d'autres circuits traversés par des courants, ou de pôles magnétiques répartis d'une manière quelconque. Il en résulte des tubes de force magnétique qui remplissent l'espace, et nous désignons par Φ la portion de flux de force qui traverse une surface quelconque ayant pour périmètre le circuit considéré.

La base de la théorie de l'induction consiste dans le fait suivant, qui se déduit immédiatement des principes de l'électro-magnétisme. Si le circuit se déplace ou se déforme, ou si le champ magnétique varie, quelle que soit la loi de ces variations, l'effet produit sur

le fil est d'ajouter à la force électromotrice E une nouvelle force électromotrice égale à $-\frac{d\Phi}{dt}$, t désignant le temps. De sorte que l'on aura

$$E = RI + \frac{d\Phi}{dt}.$$

Ceci posé, considérons un fil de rayon a, et prenons l'unité de longueur pour laquelle la différence de potentiel sera E, la même en tous les points de la section droite. Nous désignerons par u la densité variable du courant à la distance r de l'axe, et par ρ la résistance spécifique du conducteur, c'est-à-dire la résistance du filet longitudinal de l'unité de section, enfin par Φ le flux de force correspondant au filet situé à la distance r de l'axe.

Nous aurons alors pour ce filet

$$E = \rho u + \frac{d\Phi}{dt}. \tag{1}$$

Si nous désignons par $d\sigma$ l'élément de section du cylindre, nous aurons :

$$\left\{ \begin{aligned} &\int_0^a d\sigma = \pi a^2 \\ &\frac{1}{\pi a^2}\int_0^a E d\sigma = E. \end{aligned} \right. \tag{2}$$

Donc

$$E = \frac{1}{\pi a^2}\left(\rho \int_0^a u d\sigma + \frac{d}{dt}\int_0^a \Phi d\sigma\right). \tag{1'}$$

Or, par définition, nous avons :

$$\left\{ \begin{aligned} &I = \int u d\sigma \\ &R = \frac{\rho}{\pi a^2} \end{aligned} \right. \tag{3}$$

et si nous désignons par Φ_m le flux de force moyen à travers la section totale du fil, nous aurons :

$$(4) \qquad \Phi_m = \frac{1}{\pi a^2}\int_0 \Phi d\sigma$$

et par suite

$$(1'') \qquad E = RI + \frac{d\Phi_m}{dt}.$$

Supposons que l'on puisse développer la densité de courant suivant une série infinie telle que :

$$u = u_0 + u_1 r^2 + u_2 r^4 + \dots + u_n r^{2n} + \dots$$

Nous aurons à vérifier que cette série est convergente.

Désignons par C le courant total à travers un cylindre de rayon r, nous aurons immédiatement

$$(5) \qquad C = \int_0^r u d\sigma = \pi \int_0^r 2\, ur dr = \pi \int_0^r u dr^2,$$

donc

$$(5') \qquad C = \pi r^2 \left(u_0 + \frac{u_1}{2} r^2 + \dots + \frac{u_n}{n+1} r^{2n}\right).$$

Car $d\sigma$ représente le cercle élémentaire de rayon r et d'épaisseur dr.

Calculons maintenant le flux de force. Les lignes de force sont sensiblement circulaires dans la section du conducteur. Si l'on considère (*fig.* 1) un filet (cylindre élémentaire de longueur 1 et de section $d\sigma = 2\pi r dr$), le flux de force est dû à l'ensemble des lignes de force extérieures au cylindre. Si

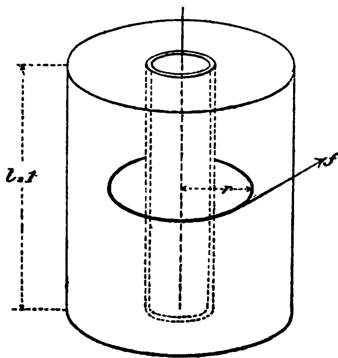


Fig. 1.

d'ailleurs f désigne la force magnétique en un point, le flux de force sera, comme on le démontre aisément en électro-magnétisme, $\mu\int f dr$.

Désignons par Φ_a le flux de force des tubes extérieurs au fil : ce sera le flux de force d'un tube situé sur la face extérieure du conducteur. Nous aurons :

$$(6) \qquad \Phi = \mu \int_r^a f dr + \Phi_a.$$

D'ailleurs le travail de la force f le long de la circonférence à laquelle elle est tangente est $f + 2\pi r$. Ce travail est aussi égal à $4\pi C$, quelles que soient la nature du milieu et la distribution du courant. Cela se voit immédiatement en assimilant à un feuillet magnétique tout circuit fermé traversé par un courant.

Donc

$$(7) \qquad f = \frac{2C}{r}.$$

L'équation (6) s'écrira

$$(6') \qquad \Phi = \Phi_a + \mu \int_r^a \frac{2C}{r} dr,$$

ou

$$(6'') \quad \Phi = \Phi_a + \mu\pi \left\{ r^2 \left[u_0 + \frac{u_1}{4} r^2 + \ldots + \frac{u_n}{(n+1)^2} r^{2n} + \ldots \right] \right\}_r^a$$

ou enfin :

$$(6''') \quad \Phi = \Phi_a + \mu\pi a^2 \left[u_0 + \frac{u_1}{4} a^2 + \ldots + \frac{u_n}{(n+1)^2} a^{2n} + \ldots \right] - \mu\pi r^2 \left[u_0 + \ldots + \frac{u_n}{(n+1)^2} r^{2n} + \ldots \right].$$

Ceci posé, rien de plus facile que de calculer Φ_m

$$(4') \qquad \Phi_m = \frac{1}{\pi a^2} \int_0^a \Phi d\sigma = \frac{1}{a^2} \int_0^a \Phi dr^2$$

$$(4'') \quad \Phi_m = \Phi_a + \mu\pi a^2 \left[u_0 + \frac{u_1}{4} a^2 + \ldots + \frac{u_n}{(n+1)^2} a^{2n} + \ldots \right] - \mu\pi a^2 \left[\frac{u_0}{2} + \frac{u_1}{12} a^2 + \ldots + \frac{u_n}{(n+1)^2(n+2)} a^{2n} + \ldots \right].$$

D'ailleurs nous avons

$$(7) \quad \frac{1}{(n+1)^2}-\frac{1}{(n+1)^2(n+2)}=\frac{n+1}{(n+1)^2(n+2)}=\frac{1}{(n+1)(n+2)}.$$

Donc la valeur du flux de force moyen deviendra

$$(4''') \quad \Phi_m = \Phi_a + \mu\pi a^2\left[\frac{u_0}{2}+\frac{u_1}{6}a^2+\ldots+\frac{u_n}{(n+1)(n+2)}a^{2n}+\ldots\right].$$

Si la densité du courant était uniforme, on aurait

$$\pi a^2 v_0 = \mathrm{I}$$
$$u_1 = u_2 = \ldots = 0.$$

Dans ce cas Φ_m ne serait autre que LI et l'on aurait :

$$\mathrm{LI} = \Phi_a + \frac{\mu\pi a^2 u_0}{2} = \Phi_a + \frac{\mu}{2}\mathrm{I},$$

d'où

$$(8) \quad \Phi_a = \left(\mathrm{L}-\frac{\mu}{2}\right)\mathrm{I}.$$

Φ_m dépendant seulement de I et non pas de la variation de la densité de courant, on aura encore la même expression lorsque la densité sera variable avec la distance à l'axe, et la force électromotrice aura pour expression

$$(1''') \quad \mathrm{E} = \mathrm{RI} + \left(\mathrm{L}-\frac{\mu}{2}\right)\frac{d\mathrm{I}}{dt} + \frac{d}{dt}\left\{\mu\pi a^2\left[\frac{u_0}{2}+\ldots+\frac{u_n}{(n+1)(n+2)}a^{2n}+\ldots\right]\right\}.$$

Il ne nous reste plus maintenant qu'à remplacer $u_0, u_1, \ldots$ par leurs valeurs en fonction de I et de ses dérivées.

Or de l'équation (5') nous tirons

$$(3') \quad \mathrm{I} = \pi a^2\left(u_0+\frac{u_1}{2}a^2+\ldots+\frac{u_n}{n+1}a^{2n}+\ldots\right).$$

La chute du potentiel le long d'un filet est $\rho u + \frac{d\Phi}{dt}$,

valeur indépendante de la position du filet, donc l'expression

$$\rho\,(u_0 + \ldots + u_n r^{2n}) + \text{const.} - \mu\pi r^2 \frac{d}{dt}\left[u_0 + \ldots + \frac{u_n}{(n+1)^2} r^{2n} + \ldots\right]$$

devra être indépendante de r, ce qui me donne les équations

$$(9)\qquad \left\{\begin{array}{l} \rho u_1 - \mu\pi \dfrac{du_0}{dt} = 0 \\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot \\ \rho u_n - \dfrac{\mu\pi}{n^2}\dfrac{du_{n-1}}{dt} = 0. \end{array}\right.$$

Par conséquent (*) :

$$(10)\qquad u_n = \frac{1}{(n\,!)^2}\left(\frac{\mu\pi}{\rho}\right)^n \frac{d^n u_0}{dt^n}.$$

D'où, en posant :

$$(11)\qquad \frac{\mu\pi a^2}{\rho} = \frac{\mu}{R} = \alpha,$$

la valeur de I

$$(3'')\qquad \frac{1}{\pi a^2}\,I = u_0 + \frac{\alpha}{2}\frac{du_0}{dt} + \ldots + \frac{\alpha^n}{(n+1)(n\,!)^2}\frac{d^n u_0}{dt^n} + \ldots$$

Supposons que nous veuillons, par exemple, calculer u_0 en fonction de I et de ses dérivées jusqu'à celle du quatrième ordre. Nous écrirons :

$$(12)\qquad \left\{\begin{array}{l} \dfrac{I}{\pi a^2} = u_0 + \dfrac{\alpha}{2}\dfrac{du_0}{dt} + \dfrac{\alpha^2}{12}\dfrac{d^2u_0}{dt} + \dfrac{\alpha^3}{144}\dfrac{d^3u_0}{dt^3} + \dfrac{\alpha^4}{2880}\dfrac{d^4u_0}{dt^4} + \ldots \\ -\dfrac{\alpha}{2\pi a^2}\dfrac{dI}{dt} = -\dfrac{\alpha}{2}\dfrac{du_0}{dt} - \dfrac{\alpha^2 d^2u_0}{4\,dt^2} - \dfrac{\alpha^3}{24}\dfrac{d^3u_0}{dt^3} - \dfrac{\alpha^4}{288}\dfrac{d^4u_0}{dt^4} + \ldots \\ +\dfrac{\alpha^2}{6\pi a^2}\dfrac{d^2I}{dt^2} = \qquad + \dfrac{\alpha^2}{6}\dfrac{d^2u_0}{dt^2} + \dfrac{\alpha^3}{12}\dfrac{d^3u_0}{dt^3} + \dfrac{\alpha^4}{72}\dfrac{d^4u_0}{dt^4} + \ldots \\ -\dfrac{7\alpha^3}{144\pi a^2}\dfrac{d^3I}{dt^3} = \qquad - \dfrac{7\alpha^3}{144}\dfrac{d^3u_0}{dt^3} - \dfrac{7\alpha^4}{288}\dfrac{d^4u_0}{dt^4} + \ldots \\ \dfrac{13\alpha^4}{960}\dfrac{d^4I}{dt^4} = \qquad + \dfrac{13\alpha^4}{960}\dfrac{d^4u_0}{dt^4} + \ldots \end{array}\right.$$

(*) Nous employons, uniquement dans le but de simplifier l'écriture, la

En faisant la somme de toutes ces équations, on arrive à la formule :

$$(13) \qquad \pi a^2 u_0 = \mathrm{I} - \frac{\alpha}{2}\frac{d\mathrm{I}}{dt} + \frac{\alpha^2}{6}\frac{d^2\mathrm{I}}{dt^2} - \frac{7\alpha^3}{144}\frac{d^3\mathrm{I}}{dt^3} + \frac{13\alpha^4}{960}\frac{d^4\mathrm{I}}{dt^4}\cdots$$

Remplaçons u_0 et ses dérivées par la valeur (13) dans l'équation (1'''), et nous aurons en somme :

$$(\mathrm{I^{iv}}) \quad \mathrm{E} = \mathrm{RI} + \mathrm{L}\frac{d\mathrm{I}}{dt} - \mu\left(\frac{\alpha}{12}\frac{d^2\mathrm{I}}{dt^2} - \frac{\alpha^2}{48}\frac{d^3\mathrm{I}}{dt^3} + \frac{\alpha^3}{180}\frac{d^4\mathrm{I}}{dt^4} - \frac{13\alpha^4}{8640}\frac{d^5\mathrm{I}}{dt^5} + 2\right).$$

Telle est l'expression cherchée de la force électromotrice.

Appliquons cette formule au cas des courants alternatifs simples de période $\mathrm{T} = \frac{2\pi}{\omega}$.

Nous aurons alors

$$(14) \qquad \begin{cases} \dfrac{d^2\mathrm{I}}{dt^2} = -\omega^2 \mathrm{I} \\ \dfrac{d^3\mathrm{I}}{dt^3} = -\omega^2 \dfrac{d\mathrm{I}}{dt} \end{cases}$$

et notre formule ($\mathrm{I^{iv}}$) deviendra

$$(15) \qquad \mathrm{E} = \left(\mathrm{R} + \frac{\mu\alpha\omega^2}{12} - \frac{\mu\alpha^3\omega^4}{180} + \cdots\right)\mathrm{I} + \left(\mathrm{L} - \frac{\mu\alpha^2\omega^2}{48} + \frac{13\mu\alpha^4\omega^4}{8640} - \cdots\right)\frac{d\mathrm{I}}{dt}.$$

Or si E désigne la force électromotrice totale, R et L les résistance et self-induction totales, et l la lon-

notation *factoriele de n*, qui exprime le produit des n premiers nombres entiers.

On aura donc :

$$n! = 1.2.3.\ldots(n-1)n,$$

et par suite :

$$(n!)^2(n+1) = 1^2.2^2.3^2\ldots(n-1)^2 n^2 (n+1)$$
$$= 1.2.3\ldots n-1)\; n.1.2.3\ldots(n-1)n(n+1) = n!\,(n+1)!$$

gueur de la ligne, nous devons écrire

$$(15') \qquad E = \left(R + \frac{\mu l^2 \alpha \omega^2}{12} - \frac{\mu l^4 \alpha^3 \omega^4}{180} + \cdots\right) I + \left(L - \frac{\mu \alpha^2 l^2 \omega^2}{48} + \frac{13 \mu l^4 \alpha^4 \omega^4}{8640} - \cdots\right) \frac{dI}{dt}.$$

Nous savons du reste que l'on peut, dans le cas où la densité de courant est indépendante de la distance à l'axe, représenter la force électromotrice par la formule

$$(16) \qquad E = RI + L \frac{dI}{dt}.$$

Cette notation pourra subsister en remplaçant les coefficients de I et $\frac{dI}{dt}$ dans (16) par ceux de (15'). Autrement dit, l'effet de l'inégale distribution de la densité de courant est de remplacer les résistance et self-induction statiques par une résistance et une self-induction effectives dont les formules sont :

$$(17) \qquad \begin{cases} R_1 = R + \dfrac{\mu l^2 \alpha^1 \omega^2}{12} - \dfrac{\mu l^4 \alpha^3 \omega^4}{180} + \cdots \\ L_1 = L - \dfrac{\mu \alpha^2 l^2 \omega^2}{48} + \dfrac{13 \mu l^4 \alpha^4 \omega^4}{8640} \cdots \end{cases}$$

ou, en posant

$$(18) \qquad \omega \alpha l = \beta$$

$$(19) \qquad \begin{cases} R_1 = R\left(1 + \dfrac{\beta^2}{12} - \dfrac{\beta^4}{180} + \cdots\right) \\ L_1 = L - \mu\left(\dfrac{\beta^2}{48} - \dfrac{13\beta^4}{8640} + \cdots\right). \end{cases}$$

Faisons quelques applications de cette formule. Considérons d'abord une ligne à circuit métallique fermé en fil de cuivre de $4^{mm},5$ parcourue par des courants téléphoniques simples de 500 périodes. Nous aurons sensiblement

$$\mu = 1 \qquad \frac{R}{l} = 10000 \qquad \omega = 3000,$$

Donc

$$\beta = \frac{3}{10}.$$

Nous en concluons :

$$R_1 = R\,(1 + 0{,}0075 - 0{,}000045)$$
$$L_1 = L - 0{,}0019 + 0{,}000012.$$

L'altération de la résistance est donc inférieure à 1 p. 100; celle de la self-induction est encore moindre.

Si l'on supposait la fréquence du courant réduite à 166 (cas de courants à haute tension), l'augmentation de résistance, qui interviendra réellement dans la dépense d'énergie, serait encore neuf fois plus faible; il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte.

Considérons une ligne téléphonique en fil de fer de 4 millimètres pour lequel nous admettrons $\mu = 300$.

Nous aurons alors

$$\beta = \frac{3}{10} \times \frac{300}{10} = 9,$$

et par suite

$$R_1 = R\,(1 + 6{,}75 - 36{,}45 + \ldots)$$
$$L_1 = L - 506{,}25 + 2962 - \ldots$$

La série paraît donc divergente; nous reviendrons tout à l'heure sur ce point.

Considérons maintenant un câble de lumière de 200 millimètres carrés de section. Sa résistance par unité de longueur (quadrant terrestre) sera d'environ 800 ohms.

Nous aurons donc

$$\omega = 1000 \qquad \mu = 1 \qquad \frac{R}{l} = 800 \qquad \beta = \frac{1000}{800} = \frac{5}{4}.$$

Donc

$$R_1 = R\,(1 + 0{,}13 - 0{,}01 + \ldots) = 1{,}12\,R$$
$$L_1 = L - 0{,}03 + \ldots$$

L'augmentation de résistance sera donc de 12 p. 100, soit une perte sèche de 12 p. 100 relativement aux courants continus.

Mais on ne se limite pas généralement aux câbles de 200 millimètres carrés de section. Prenons un câble de 1.000 millimètres carrés. Nous aurons alors

$$\beta = \frac{25}{4} = 6{,}25,$$

et les séries R_1 et L_1 paraîtront aussi divergentes que celles que nous avons obtenues pour notre ligne en fer de 4 millimètres de diamètre.

Nous allons reprendre notre démonstration et la diriger un peu différemment.

Pour des courants alternatifs, nous pouvons considérer comme un résultat expérimental que l'on a :

$$\frac{d^2 I}{dt^2} = -\,\omega^2 I.$$

Il en résulte évidemment

$$\frac{d^2 u_n}{dt^2} = -\,\omega^2 u_n, \tag{21}$$

quel que soit n.

L'expression de I pourra donc s'écrire

$$I = \pi a^2 \left(A u_0 + B\,\frac{du_0}{dt}\right) \tag{22}$$

en posant

$$\left\{\begin{aligned} A &= 1 - \frac{\beta^2}{12} + \frac{\beta^4}{4!\,5!} - \frac{\beta^6}{6!\,7!} + \frac{\beta^8}{8!\,9!} + \ldots + \frac{(-1)^n \beta^{2n}}{(2n)!\,(2n+1)!} \\ \omega B &= \frac{\beta}{2} - \frac{\beta^3}{3!\,4!} + \frac{\beta^5}{5!\,6!} - \frac{\beta^7}{7!\,8!} + \ldots + \frac{(-1)^n \beta^{2n+1}}{(2n+1)!\,(2n+2)!} \end{aligned}\right. \tag{23}$$

Ces deux séries sont toujours convergentes, quel que soit α.

Comparons au développement de e^α la série $(A'+B')$ obtenue en remplaçant dans $(A+B)$ tous les termes négatifs par des termes positifs de même valeur absolue.

La série $(A'+B')$ se déduit de la série e^α en multipliant chaque terme par $\frac{1}{(2n+1)!}$. Chaque terme de la série $(A'+B')$ est donc plus petit que le terme correspondant de la série e^α, donc $(A'+B')$ est convergente quel que soit α. Or cette série a tous ses termes positifs, donc *à fortiori* les séries A' et B' seront-elles toujours convergentes, et les séries A et B seront par suite *absolument convergentes.*

La formule $(4''')$ peut s'écrire

$$(24) \qquad \Phi_m = \Phi_a + \mu\pi a^2\left(A_1 u_0 + B_1 \frac{du_0}{dt}\right)$$

en posant

$$(25) \quad \begin{cases} A_1 = \frac{1}{2} - \frac{\beta^2}{48} + \frac{\beta^4}{4!\,6!} - \frac{\beta^6}{6!\,8!} + \dots + \frac{(-1)^n\beta^{2n}}{(2n)!\,(2n+2)!} = \frac{d(\omega B)}{d\beta} \\ \omega B_1 = \frac{\beta}{6} - \frac{\beta^3}{3!\,5!} + \frac{\beta^5}{5!\,7!} - \dots + \frac{(-1)^n\beta^{2n}+1}{(2n+1)!\,(2n+3)!} = -\frac{dA}{d\beta} \end{cases}$$

Ces deux séries sont beaucoup plus convergentes que les séries A et B.

Nous avons donc en somme :

$$(26) \quad E = RI + \left(L - \frac{\mu}{2}\right)\frac{dI}{dt} + \mu\pi a^2\left(A_1\frac{du_0}{dt} - \omega^2 B_1 u_0\right).$$

Différentions l'équation (22) et éliminons $\frac{du_0}{dt}$ entre

ces deux équations. Il viendra

$$(27)\quad \begin{cases} \pi a^2 u_0 = \dfrac{1}{A^2 + \omega^2 B^2}\left(AI - B\dfrac{dI}{dt}\right) \\ \pi a^2 \dfrac{du_0}{dt} = \dfrac{1}{A^2 + \omega^2 B^2}\left(\omega^2 BI + A\dfrac{dI}{dt}\right). \end{cases}$$

Substituant dans (26), nous obtenons

$$E = RI + \left(L - \frac{\mu}{2}\right)\frac{dI}{dt} + \frac{\mu}{A^2 + \omega^2 B^2}\left[(AA_1 + BB_1\omega^2)\frac{dI}{dt} + \omega^2(BA_1 - AB_1)I\right]$$

et par suite

$$(28)\quad \begin{cases} R_1 = R\left(1 + \dfrac{\omega^2\mu}{R}\dfrac{BA_1 - AB_1}{A^2 + B^2\omega^2}\right) = R\left(1 + \beta\dfrac{\omega BA_1 - \omega AB_1}{A^2 + \omega^2 B^2}\right) \\ L_1 = L - \dfrac{\mu}{2} + \mu\dfrac{AA_1 + BB_1\omega^2}{A^2 + B^2\omega^2}. \end{cases}$$

Sir William Thòmson est arrivé à une formule analogue pour la valeur de la résistance R_N aux courants alternatifs de période N en fonction de la résistance R_C aux courants continus et des éléments du fil.

Il a construit une table valable pour un courant dont la fréquence est 80, et pour un conducteur en cuivre de rayon a exprimé en centimètres.

$2a$.	$\frac{R_N}{R_c}$.	$2a$.	$\frac{R_N}{R_c}$.
0,0	1,0000	4,5	1,8628
0,5	1,0000	5,0	2,0430
1,0	1,0001	5,5	2,2190
1,5	1,0258	6,0	2,3937
2,0	1,0805	8,0	3,0956
2,5	1,1747	10,0	3,7940
3,0	1,3186	15,0	5,5732
3,5	1,4920	20,0	7,3250
4,0	1,6778		

(*A suivre.*)

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS

(Extrait du Rapport présenté au Congrès international des chemins de fer
par MM. E. SARTIAUX, chef du service télégraphique au chemin de fer du Nord,
et L. WEISSENBRUCK, Ingénieur au ministère des chemins de fer,
postes et télégraphes de Belgique.)

(*Suite*) (*).

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES GARES

I. — Gares découvertes.

Dans ces dernières années, les Administrations de chemins de fer se sont généralement attachées à améliorer l'éclairage des gares découvertes où des voies nombreuses sont consacrées au triage et à la formation des trains, au chargement ou au déchargement des wagons.

L'accord semble s'être établi pour reconnaître les grands avantages directs et indirects qui résultent dans ces gares de l'introduction d'un éclairage intensif. C'est ainsi que dans une note toute récente sur l'emploi de la gravité pour les opérations de triage à la Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée (**), M. Picard (René) estime que « ce système ne se présente avec tous ses avantages au point de vue de la sécurité, de l'économie et de la rapidité, que s'il comporte l'emploi du sabot-frein, et

(*) Voir les *Annales télégraphiques*, 1890, p. 58.
(**) Voir le *Bulletin de la Commission internationale* de mars 1889.

par suite un *éclairage assez intensif pour permettre d'opérer comme en plein jour* ».

Dans des espaces découverts où rien n'empêche de placer les foyers à la position et à la hauteur convenables, un éclairage vraiment intensif ne peut être réalisé que par des becs puissants.

L'électricité est seule parvenue jusqu'ici à produire ces foyers dans des conditions suffisamment économiques : elle a donc en cette matière une supériorité incontestable.

Citons à ce sujet un témoignage qui s'est produit dans une des séances plénières de la dernière session du Congrès. Il est intéressant, parce qu'il provient du délégué d'une Administration qui s'est imposé des sacrifices importants dans ces dernières années pour éclairer ses gares par l'électricité. C'est celui de M. Bachelet, chef du service du trafic et du mouvement de la Compagnie italienne des chemins de fer de la Méditerranée.

« Je dois déclarer, a-t-il dit, que ma Compagnie, qui a de grandes installations électriques, bien qu'elle ait constaté que, dans beaucoup de localités, l'électricité coûte plus cher que les autres modes d'éclairage, a néanmoins été d'avis qu'il fallait la maintenir dans l'intérêt de la sécurité du personnel travaillant la nuit et à cause des nécessités qui s'imposaient pour avoir un travail utile de vingt-quatre heures.

« Nous avons, sur certaines parties de notre réseau, de telles conditions d'exploitation que, quelle que soit pour nous la dépense de l'éclairage par l'électricité, il faut que nous en fassions le sacrifice. Il en est ainsi notamment des quais du port de Gênes, où nous ne pourrions plus assurer le service si nous remplacions l'électricité par un autre mode d'éclairage. Les avan-

tages que nous en retirons sont infiniment plus considérables que l'économie que nous réaliserions en recourant à un mode moins coûteux. »

On a préconisé, pour remplacer économiquement l'électricité, des lampes lucigènes qui brûlent des huiles lourdes de goudron pulvérisées au moyen d'une pompe à air comprimé, marchant par la vapeur. Mais ces lampes ne peuvent fonctionner sans beaucoup de bruit et de fumée et la flamme, très fuligineuse, manque absolument de fixité. En réalité, comme l'a dit à Milan M. Dery, ingénieur du service de l'éclairage de l'État belge, ce système peut être un moyen de secours à cause de la facilité de l'installation, mais ce n'est pas un moyen pratique de fournir de la lumière *à poste fixe*. Il pourra surtout rendre des services pour des embarquements ou des mouvements de troupes.

Le lucigène ne semble d'ailleurs pas être aussi économique qu'on l'avait cru tout d'abord. La lumière qu'il produit serait plus chère que celle donnée par l'électricité, d'après des renseignements que nous a transmis la Compagnie d'Exploitation des chemins de fer de l'État néerlandais. Le remplacement d'un foyer lucigène par deux foyers électriques équivalents aurait produit une économie de 67 p. 100.

Les foyers intensifs au gaz font aussi depuis quelque temps beaucoup de progrès. Il existe à l'Exposition de cette année à Paris quatre brûleurs de 4.500 litres placés sur des candélabres de $6^{m},40$ de hauteur totale et éclairant le chemin d'accès du palais du gaz. Il ne semble pas cependant que cette solution soit aussi avantageuse que celle des foyers électriques puissants.

Pour obtenir ceux-ci dans les conditions les plus

économiques possible, plusieurs méthodes ont été employées.

Le chemin de fer de l'État belge, comme premier essai, a mis en adjudication la fourniture de la lumière de ses gares, soit par le gaz, soit par l'électricité, en stipulant simplement un éclairement minimum ou une quantité minima de lumière par mètre carré, en un point quelconque du sol.

Les entrepreneurs présentent des projets qu'ils ont préparés eux-mêmes en indiquant le nombre des foyers lumineux, leur pouvoir éclairant, leur nature et leur emplacement.

Les offres sont soumises à une commission d'ingénieurs qui apprécient si les exigences du cahier des charges ont été respectées.

L'éclairement est calculé d'après des conventions approximatives, en admettant que le minimum corresponde à un point situé à égale distance de deux foyers consécutifs (*), que le rayon soit partout normal à la surface du sol, que l'intensité des becs de gaz soit l'intensité horizontale et que celle des foyers à arc soit constante et égale à l'intensité moyenne sphérique.

Dans ces conditions, les adjudications ont été le plus souvent favorables au gaz, c'est-à-dire aux petits foyers.

Ainsi que M. l'ingénieur Dery l'a déclaré à la session de Milan, le motif principal de l'emploi du système essayé par l'État belge est l'économie :

« Si nous n'avions fait appel qu'à l'électricité, a-t-il dit, un syndicat se serait formé pour élever les prix et se partager l'éclairage de nos gares. Voilà pourquoi nous avons mis en concurrence le gaz et l'électricité.

(*) Les foyers sont supposés d'égale intensité.

Il est probable que quand on aura une expérience suffisante de la chose, on pourra renoncer à ce système qui est un palliatif et employer pour nos gares le mode d'éclairage reconnu le meilleur. Je pense que l'électricité l'emportera définitivement sur le gaz. Mais c'est avant tout une question de prix. »

En attendant qu'il lui soit possible de renoncer au système actuel, le chemin de fer de l'État belge s'est attaché à l'améliorer. Reconnaissant que dans les gares où l'adjudication avait été favorable à l'électricité, il avait obtenu un meilleur éclairage que dans celles où le gaz l'avait emporté, il a introduit dans le cahier des charges une clause permettant de tenir compte des quantités totales de lumière garanties en même temps que des prix offerts. Mais cette clause s'est trouvée jusqu'ici inefficace en raison du manque de données précises pour l'appliquer.

L'un de nous a spécialement étudié cette question et a récemment fait, à la Société belge des électriciens, une communication à ce sujet.

Il a cherché s'il n'était pas possible de déterminer des bases certaines et rationnelles pour comparer sous le rapport des quantités de lumière des projets d'éclairage différents.

Ce problème ne peut être résolu que par des calculs théoriques et non par des opérations sur le terrain, puisqu'il s'agit simplement de projets non encore exécutés.

L'expédient le plus simple serait peut-être de stipuler, à côté de l'éclairement minimum, un éclairement moyen minimum dans le plan passant par deux foyers consécutifs. Cependant cette formule elle-même n'est

pas sans inconvénient et il serait préférable de rejeter des cahiers des charges toute indication photométrique en prenant comme base unique des contrats la consommation de l'électricité en watts ou du gaz en mètres cubes.

On sait, en effet, combien les mesures photométriques sont incertaines et difficiles. Deux foyers du même système, sortant des mêmes ateliers de fabrication, et placés dans des conditions semblables en apparence, ne donnent pas les mêmes intensités. Il y a plus, les intensités d'un même foyer ne sont jamais identiques dans différents plans verticaux; pour des foyers à arc, elles varient beaucoup avec la nature des charbons, avec leur degré d'usure et surtout avec l'intensité du courant.

Enfin, pour vérifier qu'un foyer a l'intensité voulue, il faut le déplacer, ce qui change les conditions où il se trouve.

Comme on ne peut chaque fois dresser la courbe complète des intensités dans un ou plusieurs plans verticaux, on se contente généralement de faire une ou deux mesures dans des directions déterminées.

Les opinions diffèrent sur les directions à adopter pour ces mesures quand il s'agit de foyers à arc.

La Compagnie de l'Ouest français, dans le cahier des charges de l'éclairage de la gare Saint-Lazare, a stipulé que « l'intensité sera mesurée horizontalement, la lampe à arc étant munie de son globe dépoli ou à teinte opaline. »

On sait que l'intensité photométrique horizontale est la même pour des foyers à arc alimentés par des courants continus ou alternatifs d'intensité électrique équivalente. Le genre des courants d'alimentation n'étant pas

prescrit, c'est peut-être cette circonstance physique qui est le motif du mode d'opérer de la Compagnie de l'Ouest.

Les cahiers des charges de la ville de New-York portent que « chaque lampe doit donner une lumière qui ne soit pas inférieure à 1.000 bougies pesant $75^{gr},6$ chacune. L'intensité de la lampe électrique sera mesurée dans une direction inclinée de 40 degrés au-dessous du plan horizontal, l'axe des charbons étant vertical le positif en haut ».

L'Administration des chemins de fer de l'État belge mesure, pour les courants continus, l'intensité horizontale et celle à 45 degrés. Pour les courants alternatifs, elle se contente de la connaissance de l'intensité horizontale.

Quant aux constructeurs, leurs formules de vérification semblent différer.

D'après M. Preece, une lampe à arc de 1.000 bougies nominales (ou 105 carcels) a une intensité moyenne sphérique de 400 bougies (ou 42 carcels) (*). C'est aussi à peu près le chiffre auquel conduisent les dernières expériences des comités de mesures, en se basant sur les nombres d'ampères et de volts.

L'intensité moyenne correspondant à l'intensite nominale de 5.000 bougies (525 carcels) est de 330 carcels. On voit que pour de forts foyers, l'intensité nominale se rapproche de l'intensité maxima.

A l'exposition d'électricité de Paris de 1881, M. Hefner-Alteneck proposait de prendre l'intensité à 30 degrés sous l'horizontale, « sous le judicieux prétexte », dit M. Hippolyte Fontaine, « que c'est entre 20 et 40 degrés que la lumière est le plus généralement utilisée ».

(*) Rapport sur l'éclairage électrique des rues de Londres.

Enfin, quelques électriciens pensent que l'intensité qui a le plus d'influence sur l'écartement des foyers est celle du rayon incliné à 15 degrés sous le plan horizontal, intensité qui se rapproche souvent de l'intensité moyenne au-dessous de ce plan horizontal (*). Ils demandent donc s'il n'y a pas lieu de limiter uniquement cette intensité.

En résumé, de ce qui précède on peut conclure qu'au lieu de s'astreindre à des calculs laborieux ou à des mesures photométriques difficiles, il est préférable de ne prendre comme base d'un projet d'éclairage électrique que les données de la pratique basées sur la consommation des lampes en volts-ampères.

Au chemin de fer du Nord français, où toutes les installations sont exécutées par la Compagnie elle-même, le chef du service télégraphique se rend sur le terrain et, de concert avec les fonctionnaires intéressés, arrête le nombre et la position des foyers.

La pratique, précédée de nombreux essais, a démontré que les foyers de 25 et de 12 ampères sous 45 volts, placés à 9 ou 10 mètres de hauteur, conviennent amplement pour éclairer de grands espaces découverts dans une surface sphérique variant entre 85 et 120 mètres. Ces foyers sont renfermés dans de grandes lanternes de $0^m,75$ de hauteur utile sur $0^m,45$ de largeur garnies de verre légèrement dépolis à l'acide fluorhydrique, qui suppriment la crudité de la lumière et évitent les ombres trop crues. Les foyers de 6 ampères suspendus à environ $4^m,50$ du sol conviennent

(*) On considère souvent l'intensité moyenne sphérique comme composée de deux parties : l'intensité hémisphérique supérieure et l'intensité hémisphérique inférieure. Dans ce cas, l'intensité moyenne au-dessous du plan horizontal est égale au double de l'intensité hémisphérique inférieure.

plus particulièrement pour éclairer les espaces couverts et les quais à voyageurs en les disposant à 20 ou 30 mètres l'un de l'autre.

L'usine d'électricité, placée généralement au centre des points à éclairer, est établie de manière à prévoir les extensions futures, et si, quand elle est en fonction, la pratique indique qu'un foyer ne rend pas, dans la position qu'il occupe, les services qu'on attend de lui, on procède à son déplacement.

Il suffirait de changer peu de chose à ces errements pour les rendre applicables dans le cas d'une adjudication d'installation et d'exploitation d'éclairage basée sur la consommation d'électricité en watts.

Le résultat serait un cahier des charges tout à fait analogue à celui qu'a adopté la Compagnie de l'Ouest pour l'éclairage de la gare Saint-Lazare, et dont voici les lignes principales :

L'éclairage comprend :

2 lampes à arc de 200 carcels d'intensité horizontale ;
138 — 40 —
16 lampes à arc de 25 carcels d'intensité horizontale ;
113 lampes à incandescence de 10 à 16 bougies.

Mais la Compagnie peut faire varier le nombre et l'emplacement des lampes et les installations de la force motrice doivent permettre d'allumer :

175 foyers de 40 carcels ;
15 — 25 —
125 lampes à incandescence.

L'installation est faite entièrement par l'entrepreneur, qui doit également effectuer l'entretien pendant dix années. Toutefois, après trois mois de mise en service, le nettoyage des lampes, le remplacement des

charbons, l'allumage et l'extinction des lampes seront exécutés par les agents de la Compagnie.

A l'expiration de la durée du contrat, l'installation complète en parfait état d'entretien sera remise gratuitement par l'entrepreneur à la Compagnie. Celle-ci pourra aussi entrer en possession, à une époque quelconque, en payant une somme égale à la dépense réellement faite dans les limites d'un maximum de 500.000 francs fixé par la soumission, sous déduction de 1/10 pour chaque année pendant laquelle l'éclairage aura été assuré par entreprise.

L'entrepreneur a toute latitude pour le choix des machines et des appareils, mais leurs types devront être acceptés au préalable par la Compagnie en vue de la reprise éventuelle. La consommation de vapeur, mesurée par l'alimentation, ne peut dépasser $13^k,500$ par cheval effectif, et celle de charbon de la qualité dite de Newcastle, $1^k,930$ par cheval sur l'arbre ou $1^k,570$ par cheval indiqué. Toutes les responsabilités sont à charge de l'entrepreneur.

Dans ces conditions, le prix de l'heure d'éclairage est fixé à :

$0^f,40$ pour les lampes à arc de 40 carcels ;
$0^f,30$ — 25 —
$0^f,05$ pour les lampes à incandescence de 16 bougies ;
$0^f,035$ — 10 —

Les règles suivantes sont admises pour la mesure de l'intensité des lampes :

Art. 8. — Les lampes à incandescence pourront, au choix de la Compagnie et suivant leurs destinations, avoir une intensité lumineuse de 10 ou de 16 bougies de l'Étoile de 5 à la livre.

Les lampes à arc voltaïque, dites *de* 40 *carcels*, auront une intensité lumineuse au moins triple de celle d'un bec dit *du*

4 septembre brûlant 1.200 litres de gaz par heure, dans de bonnes conditions et muni d'une verrine.

Les lampes à arc voltaïque, dites *de* 25 *carcels*, auront une intensité lumineuse au moins double de celle du même bec.

Ces intensités seront mesurées horizontalement, la lampe à arc étant munie de son globe dépoli ou à teinte opaline (*), au moyen d'un photomètre accepté par la Compagnie.

Les charbons ne devront pas durer moins de dix heures d'éclairage.

Chaque lampe sera protégée extérieurement par une enveloppe métallique qui empêchera l'introduction de vapeurs d'humidité ou de poussière et mettra ses organes à l'abri des intempéries ; elle sera munie d'une coupe pour recueillir les cendres.

La suspension de chaque lampe devra être mobile verticalement, et le globe devra pouvoir s'enlever de manière à rendre faciles le remplacement des charbons et l'entretien de l'appareil. Autant que possible, il ne sera pas établi de candélabres sur les quais.

On voit que l'on pourrait très aisément, dans le cahier des charges dont nous venons de résumer les points principaux, remplacer l'indication de la valeur photométrique des foyers par celle de leur consommation en watts ou en kilowatts-heures. Celle-ci serait contrôlée à un moment quelconque au moyen de voltmètres et ampèremètres enregistreurs, ou de compteurs, ce qui obligerait l'entrepreneur de maintenir les foyers à l'intensité stipulée par le cahier des charges.

Cette formule permet aussi d'établir une concurrence entre l'éclairage par l'électricité et tout autre système. Il suffirait de demander aux gaziers, par exemple, en même temps qu'aux électriciens, leurs prix par unité de consommation relativement au nombre d'heures d'éclairage garanties.

(*) Le genre de globe n'est pas stipulé; cependant, suivant le degré de transparence, on obtiendra avec les mêmes foyers des intensités différentes.

Les systèmes non connus de l'Administration pourraient être préalablement soumis à des expériences, pour déterminer les intensités lumineuses dans les différentes directions d'un foyer alimenté par un courant de n ampères sous m volts. Des mesures photométriques abrégées seraient encore faites à la réception des appareils.

Cette manière de procéder est susceptible d'être modifiée de manière à se plier à tous les cas d'application. Ainsi, le chemin de fer du Nord français l'applique en principe lorsqu'il recourt à des usines à gaz pour la fourniture du courant électrique.

Le traité qui sert de base à la marche de ce service contient comme condition principale la fourniture du courant électrique à un point initial situé dans la gare sous un potentiel déterminé avec l'intensité nécessaire indiquée à l'entrepreneur par un simple avis. La Compagnie du Nord se réserve la faculté de faire de ce courant tel usage qui lui convient.

Nous signalons également ici la mesure expérimentée par cette Administration pour l'éclairage de ses petites et moyennes gares pourvues d'un système d'alimentation au moyen de l'eau des réservoirs avec locomobile spéciale.

Cet éclairage, qui ne comporte qu'un très petit nombre de lampes, est réalisé au moyen d'accumulateurs chargés par une dynamo attelée au moteur de l'alimentation. On substitue habituellement au moteur de 3 chevaux qui consomme 3 kilogrammes de charbon par cheval et par heure un moteur de 6 à 10 chevaux dont la consommation ne dépasse pas $1^k,500$.

La dépense de combustible varie donc à peine quand on double ou qu'on triple la force, le personnel res-

tant le même; et les accumulateurs employés ne demandant que peu d'entretien, on obtient des résultats économiques.

II. — Gares couvertes et locaux fermés.

Nous n'avons rien de très particulier à ajouter sur l'emploi de l'éclairage électrique dans les gares couvertes et les locaux fermés, tels que les halles à marchandises, les ateliers et les bureaux.

Plusieurs Administrations de chemins de fer ont dans ces derniers temps, soit renforcé l'éclairage au gaz de ces locaux, soit introduit la lumière électrique. Dans ce dernier cas, elles ont généralement recours pour les halles, les salles des pas-perdus, les grands buffets, etc., aux foyers à arc. Ainsi le chemin de fer du Nord a adopté franchement pour cet usage les foyers de six ampères.

Mais dans les bureaux et les ateliers, lorsqu'il est nécessaire que chaque employé ait une lampe spéciale, l'incandescence s'impose. L'adoption de la lumière électrique est, dans ce cas, surtout une question de prix de revient. Nous verrons plus loin qu'elle est parfois moins chère que le gaz.

Quand l'électricité coûte plus cher, on lui donne, dans certains cas, la préférence à cause de ses avantages particuliers, de même que l'on substitue le gaz au pétrole sans trop s'inquiéter de la question d'économie.

La lumière électrique est, en effet, le plus parfait et le plus sain des éclairages artificiels connus; elle peut éclairer une salle sans que l'œil aperçoive directement

le foyer lumineux ; on peut lui donner une fixité et une uniformité absolues sans irriter la rétine. Elle n'empoisonne pas l'air par l'acide carbonique, l'oxyde de carbone et l'hydrogène sulfuré ; enfin, elle ne produit qu'une très faible chaleur.

D'après M. W.-H. Preece, depuis deux ans que l'éclairage électrique fonctionne à la Caisse d'épargne centrale de Londres, l'expérience a démontré que le nombre moyen des absences pour cause de maladie a diminué d'environ deux jours par an pour chaque employé.

On a réalisé de ce chef une économie de huit employés, soit 16.000 francs.

Il est vrai que les bureaux dont il s'agit sont situés dans la cité de Londres !

Les Administrations de chemins de fer qui, comme le Paris-Lyon-Méditerranée à Bellegarde et à Culoz, l'État hongrois à Budapest, l'État belge à Courtrai, le Gothard à Chiasso, l'État autrichien à Vienne (Ouest) et à Feldkirsch, ont pu appliquer l'électricité à l'éclairage de leurs bureaux sans trop de frais, s'en déclarent extrêmement satisfaites dans les notes qu'elles ont bien voulu nous transmettre.

Dans les ateliers, on est parvenu à résoudre très avantageusement une difficulté qui s'était présentée à l'origine : c'est la mobilisation des lampes à incandescence. Il existe en divers points des ateliers de Feldkirsch des clefs de dérivation auxquelles les ouvriers peuvent adapter, par une pièce de raccord et un cordon souple, des lampes garanties par une deuxième enveloppe en verre fort (*fig.* 9). Ces lampes peuvent être attachées

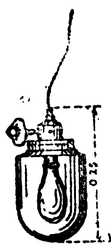


Fig. 9.

par une pince sur un pied mobile à lourde base portant un réflecteur émaillé (*fig.* 10).

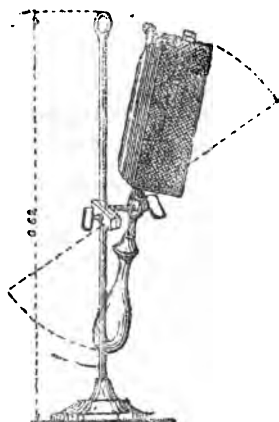


Fig. 10.

Une disposition semblable est employée dans les ateliers du chemin de fer du Nord français.

(*A suivre.*)

CHRONIQUE.

Sur l'état de la téléphonie dans l'Amérique du Nord.

Rapport de M. G. Wabner, Conseiller des Postes à Berlin,
lu à la Société électrotechnique de cette ville le 28 janvier 1890.

L'Administration impériale des Postes m'ayant confié une mission d'étude sur les États-Unis de l'Amérique du Nord, j'ai visité ce pays de la mi-août à la mi-octobre. Après une traversée heureuse à bord du paquebot *Columbia* de Hambourg, je me suis rendu de New-York d'abord à Washington où j'eus à subir une chaleur excessive, puis à Minneapolis (État de Minnesota), lieu de réunion du XI[e] Congrès annuel de la *National Telephone Exchange Association* auquel j'avais été autorisé à prendre part. Au retour, j'ai successivement séjourné à Saint-Paul, à Chicago, à Cleveland, à Buffalo, aux chutes du Niagara et finalement, après un séjour plus prolongé à New-York, je fis une dernière excursion à Providence et à Boston.

Partout j'ai rencontré le meilleur accueil, et c'est pour moi un devoir bien agréable que d'adresser ici mes chaleureux remerciements aux ingénieurs américains dont l'obligeance a facilité ma tâche.

M'adressant ici à des spécialistes j'ai bien peur de n'avoir rien à leur apprendre. Les progrès accomplis en téléphonie ont été suivis avec la plus grande attention par l'Administration des Postes de l'Empire qui a transporté aussitôt dans la pratique les améliorations réalisées. Vous savez d'ailleurs quelle publicité la presse américaine donne aux innovations et vous avez pu aussi apprécier avec quel soin l'organe de notre Société suit le développement de cette branche de l'électrotechnie.

Le brevet originaire de Bell fut acquis, vous le savez, par l'*American Bell Telephone C°*, de Boston, ainsi que tous les brevets ultérieurs relatifs tant au téléphone qu'au microphone.

Cette Société se trouve ainsi posséder le droit exclusif d'installation et d'usage des appareils téléphoniques et microphoniques en Amérique.

Jusqu'en 1887, elle exploita ses brevets en cédant à des sociétés d'exploitation, sous certaines conditions, et pour un territoire déterminé, le droit d'usage du téléphone. Les conditions ordinaires comportaient le paiement par les sociétés concessionnaires d'une taxe annuelle de 20 dollars (106 fr.) par appareil loué (chaque appareil comprenant un récepteur et un transmetteur) et une part de 25 p. 100 attribuée à la *Bell Telephone C°* sur les taxes perçues pour l'utilisation des conduites; les recettes de ce dernier chef n'étaient pas négligeables, car la plupart des sociétés concessionnaires possédaient un réseau très complet. L'observation des conditions du contrat était contrôlée par des agents de la *Bell Telephone C°* qui, à cet effet, étaient autorisés à pénétrer dans les bureaux des sociétés et à se faire soumettre les livres.

La durée des premières concessions était limitée à cinq ans et le renouvellement n'en était accordé après ce laps de temps que sous des conditions nouvelles : la société concessionnaire devait remettre entre les mains de la *Bell Telephone C°*, 25 p. 100 de son capital-actions, mais bénéficiait d'une réduction de 40 p. 100 sur la taxe annuelle de location des appareils qui se trouvait ainsi réduite, pendant cette deuxième période, à 12 dollars (63 fr. 60). Actuellement les sociétés d'exploitation ainsi fondées sont entrées dans leur troisième période et *l'American Bell Telephone C° se trouve être présentement propriétaire de plus de la moitié du capital d'établissement et d'exploitation de la téléphonie aux États-Unis.*

Vous le voyez la *Bell Telephone C°* vise au monopole. Les contrats dont je viens de vous rappeler les grandes lignes constituaient un premier pas dans cette voie; en 1887 cette société fit un nouveau pas en avant en fondant l'*American Telegraph and Telephone C°* (*Long distance Telephone C°*) qui entreprit, avec les capitaux de la société mère, l'établissement et l'exploitation de lignes reliant les grandes villes entre elles. Le réseau actuel de cette compagnie embrasse toutes les villes importantes des États de l'Est, depuis Buffalo jusqu'à Washington, ce qui montre avec quelle rapidité l'entreprise s'est déve-

loppée. La société compte cette année prolonger la ligne de Buffalo vers l'ouest jusqu'à Chicago et établir des lignes dans le sud-ouest pour relier Philadelphie aux territoires de la Pensylvanie si riches en charbon et en huile.

La *Bell Telephone C°* s'est aussi préoccupée de la situation que lui fera l'échéance du brevet primitif, celui-ci tombant dans le domaine public en 1893, et elle a cherché à rendre toute concurrence fort difficile à cette époque, en achetant tous les brevets qui lui paraissent susceptibles d'un emploi pratique et en suivant avec soin les progrès de la téléphonie dans tous les pays. En outre, elle est devenue principale actionnaire de l'*Electrical Subway C°* de New-York, qui construit et exploite les canalisations souterraines électriques à New-York. La taxe annuelle prélevée pour l'usage de ses canalisations, disposées pour recevoir un câble téléphonique avec 50 conducteurs doubles, est fixée à 850 dollars par mille anglais (2.800 fr. par kilomètre environ). Comme les sociétés nouvelles obtiennent difficilement de la municipalité les autorisations nécessaires pour l'établissement de leurs canalisations, en raison des difficultés qui en résultent pour la circulation, la concurrence devient fort difficile sur ce terrain.

Les sociétés d'exploitation dont les réseaux s'étendent sur plusieurs États doivent obtenir l'approbation de l'Assemblée des États intéressés; elles doivent aussi obtenir des « counties » et des villes les autorisations nécessaires pour l'utilisation des chemins et des rues. L'approbation de l'Assemblée ne comporte généralement d'autre correctif qu'une clause disant que le tarif devra être « reasonable ». Aussi dans ces dernières années quelques villes ont-elles nommé des commissions avec mission de rechercher s'il ne serait pas possible de régler par un texte de loi les tarifs qui sont généralement fort élevés; mais les rapports de ces commissions reconnaissent que, en raison des risques courus par les sociétés téléphoniques pour leur établissement et eu égard aux dépenses considérables nécessaires pour l'amélioration des installations, ces sociétés sont fondées à tirer du capital engagé un *intérêt supérieur à celui résultant du taux ordinaire*.

Le rapport annuel du 26 mars 1889 de la *Bell Telephone C°* donne les indications suivantes sur les installations. A la fin

de 1388, le nombre total des bureaux de communication était de 742 sans compter 452 petits bureaux pour ligne secondaire. La longueur de toutes les conduites atteignait 272.754 kilomètres, le nombre des abonnés était de 171.454, et celui des appareils loués de 411.511. Enfin le nombre total des conduites de jonction était de 947 avec 117.269 kilomètres. Actuellement on évalue à plus de 200.000 le nombre des abonnés aux États-Unis.

Dans toutes les villes des États-Unis on utilise pour les fils aériens, soit les toits des maisons, soit des poteaux dressés le long des rues. Les supports sont généralement en bois, ce sont ou des chevalets en bois équarri placé sur le toit ou des tiges, de bois également, fixées à la charpente du toit, avec des bras transversaux sur lesquels sont placés les isolateurs pour l'attache des fils. Ces supports reçoivent souvent des centaines de fils placés sans ordre, aucun principe ne réglant cette pose que chaque constructeur exécute à son gré selon les besoins du moment. Les poteaux sont généralement préférés aux charpentes sur toit; ces poteaux sont établis en châtaignier ou en cèdre, rouge ou jaune, leur longueur est de 12 à 27 mètres et ils restent le plus souvent sans enduit. Quelquefois cependant ils sont recouverts d'une couche de peinture à l'huile d'un ton rouge brique ou bleu, peu fait pour diminuer l'impression désagréable que laissent ces poteaux criblés de trous dus aux crampons dont se servent les ouvriers poseurs pour monter au sommet des poteaux. Les bras transversaux sont en sapin de Norwège; pour les téléphones ils ont 3 mètres de longueur avec 8,5 à 11 centimètres d'équarrissage; chacun reçoit 10 isolateurs vissés directement sur des cales en bois dur introduites dans le sapin; ces isolateurs sont presque partout de simples cloches en verre vert. Les bras transversaux sont assemblés sur le poteau par une légère entaille et maintenus par des plates-bandes en fer, ils sont généralement espacés de 2 pieds ($0^{m},60$), mais cet intervalle varie avec les circonstances locales.

On emploie indifféremment le fil d'acier ou le fil de cuivre. Le fil d'acier est du numéro 14 de Birmingham ($2,11^{mm}$), le fil de cuivre est de même grosseur. Les fils compound (âme d'acier et enveloppe de cuivre) ne sont pas employés par les

compagnies téléphoniques. Les essais si remarquables de M. van Rysselberghe sur la téléphonie à grande distance ont été pratiqués sur un fil compound de la *Postal Telegraph C°* entre New-York et Chicago. La jonction des extrémités des fils est obtenue au moyen du joint Mac Inture (dont on retrouvera également la description dans l'*Electrotecnische Zeitung* de 1887, page 452), qui a donné les meilleurs résultats.

Il s'en faut que les précautions usitées en Allemagne soient prises ici pour la pose des fils dans les villes, aussi la comparaison entre l'aspect des fils aériens dans les grandes villes américaines, notamment dans les rues de New-York, et celui des lignes allemandes est-elle toute à l'avantage de ces dernières. Aux États-Unis les conducteurs, posés par plus de cinquante compagnies différentes pour la lumière, pour la télégraphie ou pour la téléphonie, se croisent et se recroisent dans toutes les directions et présentent, même aux yeux de l'homme technique, l'image d'un parfait chaos. Même pendant les temps calmes, les contacts accidentels entre les conducteurs transportant des courants d'intensités différentes sont fréquents et ont provoqué à plusieurs reprises des incendies dans les bureaux de communication; et, en temps de tempête et de neige, les catastrophes entrainant mort d'homme ne sont pas rares. Seules les lignes de la *Long distance C°* offrent un contraste heureux avec ces installations; ces lignes sont d'ailleurs les seules qui aient résisté à la tempête de neige du 12 mars 1888 qui, venant du nord-ouest, traversa l'Amérique du Nord avec une vitesse s'élevant jusqu'à 100 kilomètres par heure et exerça un véritable ravage parmi les fils de toutes sortes. Ce fut grâce à la bonne tenue des fils de la *Long distance C°* que les relations purent être conservées à ce moment entre New-York, Boston et Philadelphie.

Le développement des lignes de cette compagnie était, en octobre 1889, de 2.400 kilomètres et la longueur des conducteurs atteignait 64.000 kilomètres; ces conducteurs sont généralement formés de fil de cuivre étiré de 3 millimètres. La compagnie emploie 40 poteaux par mille, ce qui donne une distance moyenne de 40 mètres entre les poteaux; ceux-ci ont 12 à 27 mètres de longueur; les différences de niveau du sol sont rachetées par des différences de longueur des poteaux,

de sorte que les sommets de ces derniers donnent une ligne sensiblement droite. La résistance moyenne d'isolement des lignes de la *Long distance C°* de New-York à Boston (407^{km}), formées de 120 conducteurs, était, d'après le registre des mesures de la compagnie au mois de septembre 1889, de 208 mégohms par mille de conducteur avec un maximum de 1.110 mégohms et un minimum de 3 mégohms. Des précautions spéciales sont prises pour éviter l'action inductrice des conducteurs d'une même ligne l'un sur l'autre; généralement ces conducteurs sont croisés et cette opération, faite avec grand soin, donne les résultats les plus remarquables. J'ai eu occasion de parler sur les lignes de la société à des instants de la journée différents et dans des conditions de temps variées, jamais je n'ai remarqué un bruit quelconque provenant de conducteurs voisins. Ces essais ont été faits : le 19 septembre à midi, par un temps pluvieux, de Buffalo à Rochester (112^{km}), de Buffalo à Syracuse (160^{km}), de Buffalo à New-York (800^{km}), de Buffalo à Boston par New-York (1.206^{km}), et le 3 octobre à midi, par un temps clair, entre Boston et New-York (407^{km}). La conversation de Buffalo à Boston par New-York empruntait 5 milles de câbles souterrains de cette dernière ville, la communication ayant été donnée non par le bureau central de Cortland-Street, mais par le bureau de la 58e rue.

Les conduits souterrains pour la réception du fil du télégraphe et du téléphone dans les grandes villes de l'Union ont été décrits à plusieurs reprises par la presse technique, cela me permettra d'être bref.

Le *Dorsett-system*, adopté pour New-York en 1886, après décision de la *Subway-Commission* et sur lequel j'ai eu l'honneur, il y a trois ans, de vous présenter une communication, n'a pas répondu aux espérances qu'il avait fait naître et n'est plus employé depuis 1888. Les blocs d'asphalte qu'il comporte ne possédaient pas la résistance nécessaire vis-à-vis de la température de plus de 93° 3 C que développent dans le corps des rues de New-York les canalisations de vapeur qui y circulent; ces blocs se fendaient à la suite des tassements du sol. En outre les intervalles de 5^{cm},07 ménagés entre ces blocs ne permettaient l'introduction que de câbles de 3^{cm},79 par suite de la disposition défectueuse du joint. Le système Dorsett a

donc dû laisser la place à un système de conduits en ciment dans lesquels sont couchés des tuyaux en fer forgé de $7^{cm},61$ de diamètre intérieur. Ce système, exclusivement en usage aujourd'hui, est d'une installation simple; la fouille est creusée sur la chaussée, dans la ligne des trottoirs, et, après dressement du fond, reçoit une couche de 7,5 à 10 centimètres de béton de ciment, puis on établit sur cette fondation une chape de 5 à 7,5 centimètres en mortier de ciment sur laquelle sont alors posés six tuyaux, ou davantage si besoin est, qui sont ensuite noyés dans du ciment. Sur la première couche ainsi obtenue, on établit de la même manière une deuxième couche semblable, puis une troisième, et ainsi de suite; le nombre de couches et la quantité de tuyaux dans chaque couche étant réglés d'après le nombre de conduites nécessaires. La couche supérieure est protégée par un revêtemen de planches de pin sauvage créosoté. Les tuyaux ont 3 mètres de longueur et s'assemblent à vis; de nombreux regards maçonnés avec enduit intérieur en ciment sont établis le long de la canalisation; on fait aussi quelquefois usage de regards en fonte. D'ailleurs la description des canalisations de New-York a été donnée d'après l'*Electrical Wold* par l'*Electrotechnische Zeitung*, ainsi que les rapports des commissions sur les parties exécutées en 1887-88.

Le mode de fermeture des regards présente un intérêt particulier. L'ingénieur en chef de la *Subway Commission*, M. Beckwith, me disait que malgré tout le soin apporté à ces fermetures, il se produisait assez souvent des explosions dans les regards par suite d'accumulation de gaz provenant de fuites sur la canalisation et que, tous les expédients imaginés pour écarter cet inconvénient ayant échoués, la *Subway Commission* avait cherché à rendre ces explosions inoffensives pour le public en empêchant la projection des trappes de fermeture. Pour cela ces trappes sont faites très lourdes et sont seulement soulevées par l'explosion; il est vrai que le cadre en pierre sur lequel repose la trappe reste une cause de danger. Ainsi le 25 mars, un peu avant midi, trois explosions se produisirent simultanément près de Madison-Square, à 50 mètres environ de l'entrée de la cinquième Avenue-Hôtel. Les passants, nombreux à ce moment, s'enfuirent effrayés, et plu-

sieurs furent atteints par des éclats de pierre sans que pourtant il y ait eu d'accident grave; seule, une dame, atteinte au genou, dut être portée sans connaissance à son domicile. Les explosions étaient dues à du gaz provenant d'un tuyau principal de distribution et ne sauraient être attribuées au courant électrique, puisqu'elles se produisaient sur une canalisation pour lumière dans laquelle ne passait aucun courant au moment où les explosions se produisirent. Pendant mon séjour à Chicago, les journaux locaux eurent à enregistrer plusieurs explosions de ce genre, survenues la nuit et sans causer d'accident, dans les regards des câbles téléphoniques de Chicago.

Le système de conduits en ciment employé à New-York a été également adopté à Brooklyn, à Boston et dans plusieurs autres villes. A Brooklyn et à Boston, on emploie aussi des conduits en bois créosoté et, pour remédier à l'action nuisible bien connue de la créosote sur le plomb enveloppant les câbles, les compagnies emploient pour cette enveloppe un alliage de plomb et d'étain (97 de plomb et 3 d'étain) et pour l'habillage de ce tube le jute asphalté.

Les câbles de ce type de la Conférence sont établis actuellement en grande quantité et sont seuls employés pour les installations nouvelles. Partout où l'exploitation est faite avec fils d'aller et de retour, le conducteur d'aller est isolé avec du coton blanc et celui de retour avec du coton coloré (rouge) dans les autres cas, si les postes de transmission sont déjà établis pour double conducteur, l'une des âmes (la blanche) sert pour la transmission de la parole, l'autre va à la terre. Pour les postes qui ne sont pas déjà installés pour l'exploitation à double fil, les deux fils sont reliés pour l'exploitation à fil unique.

Ces câbles, établis suivant les indications de la Conférence des téléphones et désignés sous le nom de « câbles-conférence » sont surtout fabriqués par la *Western Electric C°* de Chicago, dont l'ingénieur en chef, M. Patterson, a eu une part importante à l'établissement du type, et par la manufacture de la *New-York and New Jersey Telephone C°*, à Jersey-City. Il existe d'autres fabriques à Providence, à Pittsburg, à Philadelphie, Brooklin, etc. Un grand nombre d'usines s'occupent

aussi de la fabrication des câbles en okonite et en kérite.

Les jonctions sur les lignes aériennes, pour téléphone sont obtenues avec des caisses placées sur des poteaux spéciaux plus forts ou dans des tours à câble en fer (Iron cable towers) recommandée par la Conférence.

Le prix du câble-conférence à 100 fils est de 70 cents ($3^f,60$) par pied ($0^m,304$), à New-York; le prix de la pose dans les conduites oscille pour cette même ville entre 5 et 7 1/2 cents ($0^f,25$ à $0^f,38$) par pied courant. Au moment de la discussion du type de câble, M. Barrett, électricien de la *Bell Telephone C°* à Boston, fit une communication intéressante sur un câble téléphonique établi à titre d'essai et dans lequel l'isolant était formé de papier manille (Manila paper). Des expériences faites sur un câble établi par la *Norwich Insulated Wire C°* et suivies par des électriciens éminents, il résulte que, toutes choses égales, la substitution du papier au coton donne une diminution de 30 p. 100 de la capacité de charge. D'après M. Barret, le papier manille est moins hygroscopique que le coton et les câbles isolés avec ce papier se comporteraient mieux dans l'air humide que ceux avec coton. Le papier peut être enroulé très serré et donne une surface extérieure lisse tout en laissant une flexibilité suffisante et les fils isolés se prêtent mieux à la soudure. Quant au prix il est sensiblement le même pour les deux câbles.

La décision prise par la Conférence au sujet de ces câbles avec papier manille est la suivante :

« La Conférence pense qu'il est de la plus haute impor-
« tance de suivre avec attention les essais en cours pour la
« substitution du papier ou de tout autre matière au coton et
« il est à désirer que ces matières nouvelles passent dans la
« fabrication si elles permettent de réaliser une diminution
« de la capacité de charge dans les câbles. »

Les câbles de cette nature n'ont pas reçu encore d'application pratique : mais comme les essais sont patronnés par la *Bell Telephone C°*, une décision à cet égard ne saurait tarder.

Le réseau de Buffalo, très développé, est tout entier établi avec conduits en bois créosoté et regards en briques. Dans cette ville, comme aussi à Brooklyn, les compagnies ne comp-

tent employer pour leurs installations ultérieures que des conduits de ce genre.

On a fait usage dernièrement à Washington et à Chicago de conduits formés de tuyaux de poterie à section rectangulaire et ce système a été adopté pour Baltimore et pour plusieurs autres villes. A Chicago, il existe 27.000 mètres de conduites de cette nature; chaque tuyau a 1 mètre de long, 0m,18 de hauteur, 0m,25 de largeur et 0m,024 d'épaisseur; il reçoit six câbles de cinquante fils doubles chacun et coûte 3f,75. Ces tuyaux sont assemblés quatre par quatre sur un madrier de longueur convenable et les joints sont entourés de cinq couches de toile à sacs imprégnée d'asphalte et enroulée par bandes de 0m,30 de largeur, chaque couche étant fortement serrée et lissée pour chasser l'excès d'asphalte; après refroidissement, la longueur de 4 mètres ainsi obtenue est descendue dans la fouille et assemblée d'une manière analogue avec la longueur précédente. Les regards établis sur la canalisation sont en maçonnerie avec enduit intérieur de ciment et trappe en fer. La mise en place des câbles s'effectue le plus souvent au moyen d'un treuil manœuvré à la main, sur lequel s'enroule une corde fixée au câble qu'elle déroule et tire dans la conduite. Un ouvrier, descendu dans le regard d'entrée, frotte le câble avec du talc et le dirige de manière à éviter les avaries que pourraient lui causer les arêtes de l'orifice d'entrée. Pour le passage de la corde on se sert, non d'un fil de fer, mais de tiges filetées de 1 mètre de longueur qui, vissées l'une sur l'autre, permettent d'obtenir une tige totale de longueur égale à la plus grande distance entre deux regards. L'assemblage des tiges se fait rapidement et il suffit de transporter, à chaque opération, le faisceau de tiges d'un regard à l'autre. La corde se fixe au câble par une fermeture à mousqueton s'engageant dans un anneau fixé à l'extrémité du câble.

La plus grande variété règne, quant à l'isolement, parmi les câbles téléphoniques actuellement en service aux États-Unis. Les commandes de câbles, aériens ou souterrains, sont faites aux usines selon les besoins dans chaque cas et les fabricants de leur côté ne paraissent pas avoir exercé une action bien sérieuse pour la fixation d'un type unique. Cette situation

n'est pas sans inconvénient et c'est pour y remédier que, sur l'initiative de l'*American Telephone and Telegraph C°* (*Long distance Telephone C°*) qui donne le ton dans ces questions techniques, une conférence a eu lieu à New-York en mai 1889 entre les représentants des diverses sociétés et les directeurs d'usines. Les *Specifications for Telephone Cables* donnent en détail les décisions prises par la Conférence, ces décisions peuvent se résumer ainsi qu'il suit : On ne doit employer, pour les câbles téléphoniques, que des fils doubles tressés, du cuivre le plus pur (98 p. 100 de cuivre) d'un diamètre de 1^{mm},025 et, en principe, chaque câble doit être composé de 50 de ces fils doubles. Chaque fil doit être pourvu d'une double enveloppe de coton et le pas de l'enroulement des fils deux à deux ne doit pas être inférieur à 70 millimètres ni supérieur à 82 millimètres. Les fils doubles dont est formé le câble sont placés par couches différentes enroulées en sens inverses pour les câbles à 50 fils doubles, la couche intérieure a 3 de ces fils et les suivantes ont successivement 9, puis 16 et finalement 23 fils doubles ce qui donne un excédant de 2 fils. L'âme du câble est placée dans un tuyau formé d'un alliage de plomb et d'étain (97 p. 100 de plomb et 3 p. 100 d'étain), l'addition d'étain donnant, comme il a été dit déjà, une plus grande garantie pour le cas où les tuyaux sont placés dans des conduits en bois créosoté. Les vides sont remplis par un isolant formé, pour le câble Patterson de paraffine imprégnée de phénol, et pour le câble Faraday d'huile pyroligneuse. La capacité de charge pour chaque fil, après la pose du câble, ne doit pas dépasser 0,18 microfarad, et la résistance d'isolement doit rester supérieure à 100 mégohms par mille.

Le tuyau de plomb est lui-même pourvu d'une couche d'asphalte et d'un revêtement extérieur formé d'au moins deux couches de ruban de coton enroulées en sens contraire. Dans le câble Faraday, ce ruban est remplacé par une garniture de jute passée préalablement dans un bain d'asphalte.

Les câbles Edison sont aussi souvent employés; des câbles de ce type posés en juin 1885 par la Metropolitan Telephone and Telegraph C° à New-York sont encore aussi bons aujourd'hui que lors de leur pose. Ces câbles sont exempts d'effets d'induction, cependant sur de longues conduites comme celles

par exemple reliant New-York à Brooklyn ou à Jersey-City on constate des « retards ». Le câble Edison présente quelque similitude avec celui employé pour les téléphones, par l'Administration impériale des Télégraphes, mais il ne renferme que 28 conducteurs et son isolant est constitué par des résines végétales. Les effets d'induction sont évités par la transposition des fils qui sont alternés dans le câble tous les 60 pieds (18 m). *(A suivre.)*

Concours pour compteurs d'énergie électrique.

Par une délibération du 27 juillet 1888, le Conseil municipal de Paris avait institué un concours pour compteurs d'énergie électrique. Nous reproduisons ci-dessous le rapport de la Commission chargée de juger les appareils présentés, et nous les faisons suivre de ses propositions. Dans sa séance du 14 mars 1890, le Conseil municipal a approuvé les décisions de la dite Commission.

Rapport à la Commission des compteurs d'énergie électrique.

La Commission chargée de juger les appareils présentés au *Concours de compteurs d'énergie électrique*, institué par arrêté préfectoral en date du 2 mars 1889, vient de terminer ses travaux.

Le rapport que nous avons l'honneur de présenter est un résumé fidèle, quoique succinct, des travaux de la Commission. Il se termine par une série de propositions justifiées par les conditions toutes particulières dans lesquelles le Concours s'est produit. Ces propositions représentent l'avis unanime de la Commission, avis formulé après une étude expérimentale de plusieurs mois sur les appareils soumis à son examen.

Malgré le peu de temps laissé aux concurrents entre l'ouverture officielle du Concours, rendu public seulement dans les premiers jours de mars, et la date du 25 mai fixée comme

limite extrême de remise des appareils, 28 concurrents ont été en mesure de répondre à l'appel adressé par la Ville de Paris. (La liste complète de ces 28 concurrents est annexée au rapport.)

Le premier soin de la Commssion a été de dresser cette liste, de classer les appareils, et d'éliminer les concurrents qui ne se trouvaient pas dans les conditions du programme du Concours. Cette élimination a réduit le nombre des concurrents à 16, et le nombre des appareils à 28, dont 16 compteurs de quantité et 12 compteurs d'énergie.

Tous ces appareils, sauf ceux exclusivement destinés à la mesure des courants alternatifs, ont été soumis à plusieurs séries d'expériences qui représentent, pour les appareils ayant subi la totalité des épreuves, plusieurs centaines d'heures de fonctionnement intermittent, réparties sur une période de quatre mois, à plusieurs régimes compris entre les limites fixées, pour chaque compteur, par le constructeur ou l'inventeur.

Les observations auxquelles chaque compteur a donné lieu sont réunies dans le dossier général relatif au détail des expériences et des méthodes de mesure.

Si, dans leur ensemble, les résultats obtenus ne sont pas aussi favorables qu'il était permis de l'espérer, il faut en attribuer la principale cause à l'organisation hâtive du Concours et au peu de temps laissé aux concurrents pour s'y préparer. Un certain nombre d'appareils dénotant beaucoup d'ingéniosité, présentant une simplicité satisfaisante et ne soulevant aucune objection sérieuse à leur bon fonctionnement, n'ont cependant donné que des mécomptes lorsqu'ils ont été soumis aux expériences, par suite d'une construction rudimentaire, manifestement insuffisante, soit dans l'ensemble, soit dans les détails.

Il semble qu'un certain nombre d'entre eux n'auraient besoin que de quelques légers perfectionnements et de petites modifications dans la construction pour acquérir les qualités industrielles qui leur font encore défaut.

Les expériences suivies auxquelles les appareils ont donné lieu, soit à l'Hôtel de ville, soit au laboratoire d'électricité de l'École de physique et de chimie industrielles de la Ville de

Paris, par les soins de MM. Chrétien, Laffargue, Roux et Lecomte, ont permis à la Commission de procéder par éliminations successives, et de soumettre à un examen plus approfondi les appareils qui avaient donné des résultats satisfaisants dans les différentes épreuves.

La Commission n'a pas trouvé, parmi ces appareils, un seul qui méritât la prime de 10.000 fr. réservée, aux termes de l'arrêté, à un compteur donnant *toute satisfaction*, mais elle en a, du moins, rencontré quelques-uns qui méritent de sérieux encouragements.

Ces compteurs, au nombre de cinq, sont ceux de MM. Cauderay, Aron, Brillié, Blondlot et Jacquemier.

M. Cauderay est un des premiers inventeurs qui se sont consacrés à la recherche d'un compteur pratique, et qui ont fait faire à la question les plus grands progrès. Il convient de mentionner tout particulièrement le compteur de 5 ampères qui a fonctionné dans des conditions de régularité des plus satisfaisantes, sauf le défaut de précision aux petits débits, défaut auquel il serait sans doute facile de porter remède par une taille mieux appropriée de la came d'intégration.

La pratique a d'ailleurs sanctionné les compteurs de M. Cauderay qui sont aujourd'hui très répandus dans les stations centrales de distribution d'énergie électrique établies en France.

Les appareils de M. *Aron* occupent, en Allemagne, une place équivalente à celle des compteurs Cauderay en France. La difficulté de réaliser et de maintenir le synchronisme des deux pendules qui constituent les organes essentiels du compteur de M. Aron est la seule objection sérieuse que l'on puisse faire au système. Des perfectionnements récents, postérieurs au Concours, semblent indiquer que cette difficulté a été vaincue.

Le compteur d'énergie de M. *Brillié* est, parmi les appareils présentés au Concours, un de ceux qui satisfont le mieux aux conditions théoriques du problème de la mesure de l'énergie électrique. Malheureusement, l'appareil unique envoyé par M. Brillié, appareil un peu complexe et d'une construction délicate, s'est arrêté plusieurs fois et n'a pas donné expérimentalement tous les résultats attendus. L'inventeur a, d'autre

part, le mérite particulier d'avoir construit entièrement de ses mains, le premier exemplaire de son système.

Le compteur d'énergie de M. *Blondlot* est remarquable par la simplicité du principe et l'ingéniosité du mécanisme. L'imperfection d'un appareil construit hâtivement est sans doute la cause des résultats insuffisants des épreuves.

Enfin, si les compteurs de quantité de M. *Jacquemier* n'ont pas paru satisfaisants, la Commission a du moins remarqué le fonctionnement du compteur d'énergie qui, malgré la complication du mécanisme d'intégration, a fonctionné avec une régularité et une précision suffisantes.

Pendant le cours de ses expériences, la Commission a accepté, sur la demande de l'Administration, de soumettre aux essais quelques autres systèmes qui, venus tardivement, se trouvaient hors concours, et sur lesquels la Commission n'a à formuler aucun avis dans le rapport actuel.

Les résultats satisfaisants obtenus avec quelques-uns des appareils de cette dernière catégorie ont confirmé l'opinion déjà exprimée que le succès eût été plus grand si les concurrents avaient eu le temps de terminer et d'expérimenter leurs appareils. D'autre part, certaines personnes effrayées, à tort ou à raison, par la clause réservant à la Ville de Paris le droit de fabriquer les compteurs primés sans payer aucune redevance, n'ont pas voulu affronter le concours.

Il est juste de remarquer enfin que la plupart des appareils qui ont le mieux fonctionné aux essais, sont ceux qui avaient reçu la sanction de l'expérience industrielle sur une échelle plus ou moins étendue.

Aucun des appareils présentés ne donnant toute satisfaction, la Commission pense qu'il y a avantage à proroger le Concours, en en modifiant les conditions conformément au projet de programme annexé au présent rapport. Elle n'a pas cru devoir entreprendre les expériences relatives aux compteurs pour courants alternatifs, expériences pour lesquelles il aurait fallu attendre le fonctionnement de l'usine électrique des Halles. En conséquence, elle a formulé les propositions suivantes :

PROPOSITIONS DE LA COMMISSION DES COMPTEURS

Il n'y a pas lieu d'accorder le prix de 10.000 fr. non plus que les primes prévues par l'article 2 de l'arrêté préfectoral en date du 2 mars 1889.

Néanmoins, pour tenir compte des efforts faits par les inventeurs et des résultats déjà acquis, la Commission propose de décerner, à titre d'encouragement :

Une somme de 2.000 à M. *Cauderay* pour l'ensemble de ses appareils.

Une somme de 2.000 fr. à M. *Aron* pour l'ensemble de ses appareils.

Trois sommes de 1.000 fr. chacune à MM. *Brillié*, *Blondlot* et *Jacquemier* pour leurs compteurs d'énergie respectifs.

Le concours sera prorogé jusqu'en août 1890 et annoncé officiellement le plus tôt possible pour donner aux concurrents le temps nécessaire à l'achèvement et au perfectionnement de leurs appareils.

Les compteurs qui ont été l'objet d'un encouragement ne tombent pas sous le coup de l'article 2 de l'arrêté du 2 mars 1889, et les inventeurs pourront prendre part au nouveau concours.

Pour ce nouveau concours, la Ville de Paris renonce à la clause l'autorisant à construire les compteurs primés sans payer aucune redevance.

La Commission, à l'unanimité, approuve les conclusions du présent rapport.

Le compteur *Cauderay* a été décrit dans les *Annales télégraphiques*, 1883, p. 271 ; le compteur *Aron*, en 1884, p. 536. Nous ferons paraître dans un de nos prochains numéros la description des compteurs *Brillié* et *Blondlot*.

Rachat des réseaux de la Société générale des téléphones. — Nomination d'experts.

Les experts désignés à l'effet d'évaluer le matériel de la Société générale des Téléphones sont :

M. Daymard, ingénieur en chef des constructions navales et de la Compagnie Transatlantique pour la Société générale des Téléphones;

M. Potier, ingénieur en chef des mines pour l'État;

M. Paul Jousselin, ingénieur électricien, vice-président de la Société des Ingénieurs civils, désignés par le conseil de préfecture.

Nouvelle détermination de l'ohm.

M. Wuilleumier rend compte de la détermination de l'ohm qu'il a effectuée par la méthode électro-dynamique proposée par M. Lippmann.

Un cadre mobile recouvert de fil fin tourne avec une vitesse uniforme v autour d'un diamètre vertical; il est placé à l'intérieur d'une bobine fixe parcourue par un courant d'intensité i, lequel circule en même temps dans le conducteur dont on veut déterminer la résistance. Le circuit induit est fermé au moment où la force électromotrice développée dans le cadre passe par sa valeur maxima, et cette force est alors opposée à la différence de potentiel qui existe entre les deux points extrêmes A et B du conducteur; on choisit ces derniers de façon que les deux forces opposées s'annulent, ce que l'on constate au moyen d'un électromètre sensible.

Si S désigne la surface enveloppée par le fil induit, n le nombre de spires par centimètre de la bobine fixe, et si cette dernière est supposée infiniment longue, la valeur de la résistance que l'on détermine est donnée par la relation

$$R = 8\pi^2 S n v.$$

L'emploi d'une bobine infiniment longue peut être évité en déplaçant une bobine de longueur finie.

Celle qui a servi aux expériences a 2 mètres de longueur sur $0^m,30$ de diamètre; elle est formée d'une seule couche de 922 spires de fil de cuivre de 2 millimètres de diamètre; sa constante $n = 4.633$ a été déterminée au cathétomètre.

Le cadre tournant qui porte 303 tours de fil fin a été mesuré au comparateur universel du Bureau international des poids

et mesures par les soins de MM. Chappuis et Palaz; la surface totale enveloppée par le fil est de $96.805^{cmq},75$.

La rotation de ce cadre est produite par un moteur magnéto Gramme actionné par une batterie d'éléments Bunsen, et son mouvement est réglé par la méthode stroboscopique et un frein à ficelle sur le mouvement vibratoire d'un diapason entretenu électriquement et enregistré sur un tambour Marey. La vitesse du cadre a toujours été de 8.525 tours par seconde.

Un courant constant circulant dans une bobine fixée au bâti de l'appareil établit la neutralisation du champ terrestre.

Le conducteur dont on a déterminé la résistance est un ruban de maillechort de $34^{m},72$ de longueur, 1 centimètre de largeur et 3 millimètres d'épaisseur, placé dans un bain de pétrole. Les prises de potentiel aux points A et B se font à l'aide de tiges de cuivre platinées.

Le courant primaire, dont l'intensité est d'environ 10 ampères, est fourni par une batterie d'accumulateurs soigneusement isolée.

Toutes les mesures ont été ramenées à la température de 19°C., et la résistance, comprise entre les points A et B du conducteur, a été trouvée égale à

$$R = 0,301889 \times 109.$$

Elle a été ensuite mesurée en ohms légaux, au Bureau international des poids et mesures, à l'aide de trois étalons au mercure, groupés en quantité, et mis obligeamment à notre disposition par M. Benoît; la valeur obtenue est de

$$R_1 = 0^{\omega},302653.$$

On déduit de ces deux nombres la valeur de l'ohm vrai qui est représenté par la résistance à 0° d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et $106^{cm},27$ de longueur.

Ce nombre est très voisin de la moyenne 106,29 des résultats obtenus depuis 1887 par MM. Rowland, Kohlrausch, Dorn, Glazebrook et Fitzpatrick.

A propos du résumé historique de M. Wuilleumier, M. Guillaume fait remarquer que M. Wild n'a pas fait de nouvelles déterminations de l'ohm; c'est en appliquant plusieurs cor-

rections à son ancienne valeur (105,68), qu'il est arrivé au nombre 106,18. L'une de ces corrections provient d'un défaut de construction dans les anciennes boîtes de Siemens; la dernière, indiquée par M. Dorn, est nécessitée par le magnétisme induit dans les aimants. M. Dorn a donné le minimum de la correction (positive) résultant de ce phénomène; le nombre 106,18 est donc le minimum auquel conduisent les expériences de M. Wild.

M. Lippmann insiste sur la grande sensibilité de cette méthode, qui donne une erreur relative inférieure à $\frac{1}{3000}$, et sur l'avantage des bobines à *une seule couche de fil* dont le nombre de tours par unité de longueur et la surface totale peuvent être déterminés avec une grande précision et autant de fois que l'on veut.

L'emploi de l'électromètre capillaire permet l'usage de fil fin et long pour la bobine induite, ce qui augmente la sensibilité (grande surface) et la précision (diamètre moyen parfaitement déterminé).

M. Mascart voit avec plaisir que les expériences de M. Wuilleumier confirment la valeur 106,27, moyenne des résultats obtenus antérieurement, et rappelle que les membres français des Congrès de 1881 et 1884 avaient proposé d'adopter le nombre 106,25, qui ne diffère, comme on le voit, du nombre exact que de $\frac{1}{5000}$, tandis que l'erreur de l'ohm légal est de $\frac{1}{400}$.

(*Société française de Physique*, 6 décembre 1889).

Désinfection des eaux d'égout.

Procédé Hermite.

Des essais très satisfaisants de désinfection de matières fécales et d'eaux d'égout ont eu lieu à Rouen.

Le procédé employé, dû à M. Hermite, ne constitue qu'une variante de son procédé électrolytique de blanchiment, dont nous avons eu à plusieurs reprises l'occasion de parler. Dans le cas du blanchiment, M. Hermite soumet à l'action du courant électrique une solution de chlorure de magnésium, dont les produits de décomposition sont doués d'un pouvoir oxydant énergique.

Le même électrolyte pourrait être employé pour la désinfection des eaux vannes, mais en raison du prix élevé du chlorure de magnésium, on s'est servi, à Rouen, de chlorure de sodium (sel marin).

Puisque ce procédé nécessite l'emploi d'un chlorure, le cas le plus favorable est celui où l'on peut disposer d'eau en contenant naturellement en dissolution, quand par exemple la ville est un port de mer.

Dans ce cas, pour le nettoyage des rues et des ruisseaux, on remplacera l'eau de source, ordinairement employée, par de l'eau de mer, qui aura préalablement passé dans les électrolyseurs; et en laissant couler cette eau dans les ruisseaux, on assainira l'atmosphère en même temps que les égouts, qui ne pourront plus infecter le port.

Pour obtenir ce résultat, il suffit d'avoir une usine contenant simplement des machines motrices, des dynamos et une batterie d'électrolyseurs.

Quand les villes ne sont pas situées au bord de la mer, le procédé ne présente pas le même avantage, puisqu'il faut ajouter le chlorure; mais s'il se trouve sur place des usines en produisant comme résidus de fabrication, l'addition de ce sel ne présentera aucun obstacle, comme c'est le cas de la ville de Rouen.

En dehors du traitement des eaux vannes, M. Hermite propose d'appliquer son procédé à la désinfection des salles d'hôpital, casernes, etc.; au lieu d'employer le chlorure de chaux, dont l'odeur est si pénétrante, il suffira de soumettre à l'action des électrolyseurs de l'eau ordinaire à laquelle on aura ajouté environ 2,5 kilogrammes de sel marin par mètre cube et d'employer ce liquide au nettoyage des planchers et des murs.

Dans les expériences faites à Rouen, une locomobile actionnait un arbre de couche dont le mouvement était transmis à la pompe élévatoire des matières à désinfecter à la dynamo et à l'électrolyseur.

La dynamo, basée sur le système des dynamos Gramme, est un appareil dit « Phénix », de la construction de M. Cooper, un des propriétaires du procédé Hermite pour les électrolyseurs. Ce générateur marche à raison de 6 à 7 volts et de 1.200 ampères.

L'électrolyseur était semblable à ceux employés dans le procédé de blanchiment de l'inventeur.

Ces essais sont tout en faveur du procédé Hermite, mais il faut attendre qu'une application de longue durée sanctionne les résultats annoncés, en même temps qu'elle permettra d'établir un prix de revient.

— Des essais analogues ont eu lieu ces jours derniers à Paris, sur les vidanges accumulées à la Villette. Bien que les résultats n'aient pas été publiés, on croit qu'ils ne sont pas défavorables au procédé électro-chimique de désinfection.

(*Bulletin int. de l'Électricité.*)

Les tramways électriques à Paris.

Les essais de traction électrique de la Compagnie des Tramways Nord se poursuivent sur la ligne de Levallois à la Madeleine. Actuellement quatre voitures sont en service et voici la disposition qui probablement sera considérée comme définitive, du moins par la *Société française d'accumulateurs électriques* (Faure-Sellon-Volckmar) qui évalue à 30 centimes en moyenne le prix de revient de la traction par voiture et par kilomètre.

L'énergie électrique est fournie par des accumulateurs *Faure-Sellon-Volckmar* à plaques jumelles, au nombre de 108, répartis dans 12 boîtes, contenant chacune 9 éléments assemblés en tension. Chaque élément pesant 15 kilogrammes, le poids total de la batterie est de 1.620 kilogrammes. Les 12 boîtes sont placées dans 4 armoires situées aux angles de la voiture; 4 se trouvent à l'avant et 8 à l'arrière.

Les connexions sont disposées de telle sorte que par la mise en place des caisses, celles-ci se trouvent groupées automatiquement par trois en tension, formant ainsi 4 groupes de 27 éléments.

Ces 4 groupes de 27 accumulateurs peuvent être eux-mêmes couplés, pour le travail, de quatre manières différentes :

1. Les 4 groupes sont assemblés en quantité;
2. Les quatre groupes sont assemblés par deux en quantité;

3. Trois groupes sont en tension; le quatrième est assemblé en quantité avec l'un des trois autres;

4. Les quatre groupes sont en tension.

Il existe un cinquième couplage qui s'obtient à l'aide d'un commutateur auxiliaire et qui a pour but de corriger l'inégalité de la décharge occasionnée par le couplage n° 3.

Ces couplages s'effectuent à l'aide d'un commutateur constitué par un cylindre en bois, garni de contacts à son pourtour. Ces contacts sont reliés entre eux par des communications intérieures isolées de l'axe métallique du cylindre : les pôles positifs et négatifs des quatre groupes correspondent respectivement à 8 balais fixes. La manœuvre du cylindre s'effectue au moyen d'une manette.

Le moteur électrique placé sous l'avant de la voiture est du genre Siemens. Sa vitesse peut aller jusqu'à 1.600 tours à la minute, mais en travail normal elle n'est que de 1.000 tours environ. La commande des roues motrices a lieu par une transmission à corde sans fin et un engrenage qui réduisent la vitesse dans le rapport de 26 à 1.

Le renversement du mouvement du moteur et, par suite, la marche en arrière de la voiture s'obtient à l'aide d'un dispositif spécial, comportant des balais doubles en forme de V. Une seule branche du V de chaque balai touche le collecteur, mais en faisant basculer les balais au moyen d'un levier, les branches en contact sont soulevées et les deux autres viennent se placer à 90 degrés ; le sens du courant dans les bobines du moteur est inversé et détermine le changement de marche.

La voiture pèse 3.500 kilogrammes : elle porte 1.600 kilogrammes d'accumulateurs et peut transporter 50 voyageurs.

À la vitesse normale de 11 kilomètres à l'heure la puissance électrique nécessaire est :

En palier	4 chevaux 5	(16 amp. × 200 v.)
Sur rampe de 1 p. 100	8^{ch}	(29 amp. × 200 v.)
— 2 p. 100	$11^{ch},5$	(42 amp. × 200 v.)

A la vitesse de 9 kilomètres à l'heure :

Sur rampe de 3 p. 100	$12^{ch},5$	(46 amp. × 200 v.)
— 4 p. 100	$15^{ch},5$	(57 amp. × 200 v.)

A la vitesse de 5 kilomètres à l'heure :

Sur rampe de	5 p. 100	10ch,5	(38 amp. × 200 v.)
—	5,5 p. 100	11ch	(40 amp. × 200 v.)

(*Bulletin international de l'Électricité.*)

Les propriétés magnétiques des alliages de nickel et de tungstène

Par J. Trowbridge et S. Sheldon (*).

On sait depuis longtemps que le magnétisme spécifique de différentes sortes d'acier, aimantées à saturation, augmente lorsqu'on leur incorpore de faibles proportions de tungstène ou de wolfram. Mais on n'avait pas encore recherché si le même effet résultait de l'emploi du nickel allié au tungstène. L'étude suivante, dont le but est de répondre à cette question, a été entreprise sous l'instigation de M. Wharthon, propriétaire des « American Nickel Works », dont le chimiste, M. Riddle, a préparé les alliages employés. Ces alliages étaient en deux séries, dont la première consistait en trois barres de la même forme, l'une en nickel pur, les deux autres contenant respectivement 3 et 4 p. 100 de tungstène. Les alliages furent durcis par l'addition d'un peu de magnésium, et les lingots travaillés au tour. Cette série contenait aussi une barre de forme octogonale à 8 p. 100 de tungstène.

Dans la deuxième série, les barres étaient simplement fondues, sans addition de magnésium, et consistaient soit en nickel pur, soit en alliages à 1, 2, 3 et 6 p. 100 de tungstène. Toutes les barres de cette série étaient extrêmement dures et cassantes. Pour les préparer, on plaça dans le fond d'un creuset en graphite une quantité calculée d'oxyde de tungstène avec un poids convenable de charbon, et on remplit avec du nickel en grains. Le creuset, fermé par une couche de borax, fut chauffé jusqu'à réduction et fusion complète.

Comme il était à supposer que le tungstène affecterait le moment magnétique des barres, celles-ci furent aimantées à

(*) *The American Journal of Science.* Décembre 1889.

saturation, et l'on détermina leur magnétisme spécifique, c'est-à-dire le moment magnétique par gramme de métal.

L'aimantation avait lieu dans des conditions identiques pour les différentes barres.

Pour la détermination du moment magnétique, on se servait d'un magnétomètre à réflexion, dont les déviations étaient lues par un système de lunette et échelle. Les premières mesures portaient sur l'intensité horizontale H du magnétisme terrestre. On plaçait ensuite les barres récemment aimantées dans la deuxième position de Gauss par rapport au magnétomètre, et l'on observait la déviation. Le magnétisme spécifique S pouvait ensuite être calculé d'après la formule

$$S = \frac{r^3 \, H \, \mathrm{tang} \, \varphi}{m}$$

dans laquelle

r = distance de la barre au magnétomètre;
H = intensité horizontale du champ terrestre;
m = masse de la barre;
φ = angle de déviation du magnétomètre.

Les résultats obtenus indiquent que le tungstène augmente considérablement le moment magnétique du nickel, si l'alliage est forgé et tourné, mais n'a qu'une très faible influence avec l'alliage simplement fondu. De plus, les variations dans la proportion de tungstène ne semblent pas produire des changements correspondants dans les propriétés magnétiques.

Deux des barres donnaient des nombres présentant des écarts remarquables avec les autres résultats, écarts qui pouvaient être produits par une modification moléculaire particulière de la surface, effet du travail au tour. On étudia deux barres d'acier, l'une tournée, l'autre comprimée, et l'on trouva que le rapport du magnétisme spécifique des deux métaux était comme 9 à 5, la barre comprimée donnant la plus grande valeur. Dans ce cas, l'écart semble devoir être attribué plutôt à une différence de dureté qu'à une condition moléculaire quelconque de la surface.

Le magnétisme spécifique des barres est petit relativement à celui des aimants en bon acier. Kolrausch dit que de bons aimants, de forme ordinaire, donnent S = 40. La barre en

acier ordinaire ne retenait, toutefois, que 7,46. Il est vrai que l'acier était doux, et que cette valeur aurait pu être doublée par la trempe.

L'alliage nickel et tungstène forgé capable de garder un magnétisme spécifique de 10 peut fournir une addition utile aux ressources des laboratoires de physique. A. H.

(*Lumière électrique*, 18 janvier 1890.)

Sur l'état du champ magnétique dans les conducteurs à trois dimensions.

Extrait d'une note de M. P. Joubin.

Je me suis proposé d'examiner l'action, en tous les points de l'espace, d'un courant traversant un conducteur rectiligne indéfini à large section.

J'ai réalisé ce conducteur de la façon suivante : un gros manchon de verre, de 18 centimètres de diamètre et de 60 centimètres de hauteur, est posé sur une couche de mercure contenu dans une marmite en fonte, et rempli d'une dissolution de sulfate de cuivre; le mercure refoulé à l'extérieur fait équilibre à la colonne liquide, et, en même temps, la couche inférieure sert d'électrode pour amener le courant. Une deuxième électrode est formée par une feuille de cuivre de même diamètre que le manchon et est maintenue à la surface supérieure de la dissolution. Les fils qui conduisent le courant dans cet appareil sont placés suivant son axe au-dessus et au-dessous. Enfin on suspend à l'intérieur du cylindre, par un fil de cocon, un très petit aimant muni d'un miroir. Quand on ferme le circuit, voici ce qu'on observe :

I. Si l'on place dans l'axe du premier manchon un tube de diamètre plus petit (5 centimètres par exemple), de façon à isoler une portion de l'espace compris à l'intérieur du courant, on constate que l'action de la portion annulaire du courant en tout point intérieure au tube est nulle.

II. Enlevons le second tube et déplaçons le petit aimant le long d'un rayon du cylindre : l'action, nulle d'abord au centre, croît à mesure qu'on s'en éloigne et proportionnellement à la distance.

III. Le même aimant suspendu à l'extérieur du manchon subit, au voisinage de sa surface, la même action que de l'autre côté à l'intérieur; si l'on s'éloigne, la force varie en raison inverse de la distance à l'axe du cylindre.

(*Comptes rendus*, 3 février 1890.)

(Les résultats obtenus par M. Joubin constituent une vérification expérimentale de la théorie développée dans les traités d'électricité et de magnétisme.)

BIBLIOGRAPHIE

Traité d'électricité et de magnétisme, par M. A. VASCHY, Ingénieur des télégraphes, Examinateur d'admission à l'École polytechnique. (Baudry et Ce, éditeurs).

Le *Cours d'électricité théorique et de mesure électrique* que J. Raynaud avait créé à l'École supérieure de télégraphie et qu'il professait d'une manière si distinguée, a été confié, à la mort de ce maître éminent et regretté, à son suppléant, M. Vaschy. C'est, à quelques développements près, la reproduction de ce cours que M. Vaschy vient de publier, sous le titre de *Traité d'électricité et de magnétisme*. Cet ouvrage se divise en deux parties distinctes : Théorie générale et Mesure électrique, et comprend deux volumes.

Le premier est consacré à la théorie proprement dite de l'électricité et du magnétisme. L'auteur y suppose connus les faits principaux dont on trouve la description dans les traités élémentaires. Après un chapitre préliminaire sur les systèmes d'unités absolues, il expose successivement : l'électrostatique, — les lois du courant électrique dans les conducteurs linéaires et dans l'espace (régime permanent), — le magnétisme, dont la théorie est considérablement simplifiée par ses analogies avec celle de l'électrostatique, — les lois des actions réciproques des

courants et des aimants, — l'électro-dynamique, — l'induction électro-magnétique, — la théorie de la propagation des ondes électro-magnétiques dans un milieu quelconque, et celle de la réflexion et de la réfraction de ces ondes à la surface de séparation de deux milieux, — etc. Dans le développement de ces dernières questions, l'auteur s'est inspiré des idées de Maxwell et de travaux plus récents, tout en cherchant à les présenter sous une forme plus simple et moins sujette à critique.

Le tome II débute par quelques applications théoriques de l'électro-magnétisme à divers problèmes intéressant les industries électriques : fonctionnement des électro-aimants, — propagation du courant sur les lignes télégraphiques (réelles ou artificielles), étude des courants périodiques (appareils téléphoniques et machines à courants alternatifs), — etc. Le reste du volume, à part un appendice sur la détermination de l'ohm, est consacré exclusivement à la *mesure électrique*.

La description des instruments de mesure : électromètres, galvanomètres, électro-dynamomètres, compteurs d'électricité, rhéostats et appareils divers, fait l'objet de trois chapitres importants ornés de nombreuses figures. Cette partie est complétée par une étude théorique (statique et balistique) des galvanomètres.

Vient ensuite la description des méthodes *générales* applicables aux mesures de résistances, de forces électromotrices, de capacités électrostatiques et de coefficients d'induction électro-magnétique. La discussion des conditions de sensibilité et de précision des méthodes est éclaircie par de nombreux exemples.

La dernière partie est consacrée à l'exposé des méthodes de mesures *spéciales* aux lignes électriques aériennes, souterraines ou sous-marines. Ces méthodes se rapportent soit aux essais électriques en cours de fabrication pendant la pose (câbles souterrains et sous-marins) et après la pose, soit aux essais périodiques des lignes en service, soit à la recherche des dérangements. Quoique, en raison de leur invention récente, les mesures d'induction électro-magnétique ne soient point encore entrées dans la pratique en télégraphie, l'auteur estimant qu'elles sont appelées à prendre une réelle importance dans l'avenir, a cru devoir exposer les méthodes à suivre

et les précautions essentielles à observer pour effectuer ces mesures sur les fils télégraphiques.

Cette rapide énumération des chapitres de cet important ouvrage suffit pour faire apprécier l'intérêt des questions traitées par M. Vaschy. L'auteur s'est attaché à préciser l'état de chacune d'elles, à exposer sous une forme exacte les solutions les plus récentes et les plus autorisées, et à montrer les applications de ses études théoriques. Il a pu faire entrer dans son cadre des recherches personnelles, des travaux originaux épars dans des publications périodiques et dont les *Annales télégraphiques* ont eu souvent la primeur.

Les anciens élèves de l'École supérieure de télégraphie retrouveront, dans un format convenable et avec les compléments que comportaient les progrès de l'électricité, le résumé des leçons dont ils n'ont pas perdu le souvenir. Mais l'ouvrage n'est pas seulement destiné aux spécialistes, il a sa place marquée dans la bibliothèque de tous ceux qui se livrent à l'étude de la science électrique. La librairie polytechnique Baudry et Ce l'a édité avec le soin qu'elle apporte à toutes ses publications.

Traité élémentaire d'électricité pratique, par R. BOULVIN, ingénieur honoraire des mines, ancien élève de l'École supérieure de télégraphie de Paris, ingénieur des télégraphes, professeur d'électro-technique à l'École industrielle de Bruxelles.

Sous ce titre vient de paraître, à Bruxelles, un résumé des principales connaissances élémentaires nécessaires aux personnes qui s'occupent d'électricité.

L'auteur traite tout d'abord des phénomènes fondamentaux de la distribution; il définit ou décrit le potentiel, la force électromotrice, la capacité, l'électrisation par influence, l'induction électrostatique, la condensation, les machines électriques et les effets produits par l'électricité statique.

L'étude du magnétisme, du courant électrique et des unités pratiques employées en électricité, font l'objet des chapitres suivants. La question des unités, en particulier, est traitée d'une façon simple et à la portée de tout le monde.

S'occupant ensuite des piles, l'auteur, après en avoir fait la théorie, décrit la plupart de celles dont l'usage est le plus répandu.

La théorie des galvanomètres, leur emploi et leur application à la mesure des intensités et des résistances, des forces électromotrices et des différences de potentiel, sont également exposées avec une grande simplicité.

L'auteur a consacré un chapitre très intéressant aux mesures à faire dans un laboratoire industriel.

La théorie et la description des machines dynamo-électriques à courants continus ou alternatifs, l'application de l'électricité à la lumière électrique, à l'électro-chimie, à la galvanoplastie, aux accumulateurs, occupent une large place dans ce travail, qui se termine par l'étude du transport et de la distribution de l'énergie électrique, des transformateurs et quelques considérations sur la télégraphie, la téléphonie et l'électricité atmosphérique.

En résumé, ce livre remplit bien le but que l'auteur s'était proposé d'atteindre, et donne à ceux dont les études en électricité n'ont pu être approfondies, une idée très nette de la puissance qu'ils ont à leur disposition et des moyens de l'utiliser. H. P.

Traité théorique et pratique d'électrochimie, par DONATO TOMMASI, docteur ès sciences (Bernard et Ce, éditeurs).

Les *Annales télégraphiques* ont enregistré à son époque (*) l'apparition de ce livre. Cette publication a, depuis, suivi son cours régulier et elle se trouve entièrement achevée.

L'ouvrage complet, en six fascicules, est terminé par une table des auteurs cités avec l'indication des sujets qu'ils ont traités, et par une table alphabétique et analytique des matières dont l'étendue peu commune facilite les recherches et fait de ce livre un recueil des plus précieux. H. P.

(*) *Annales télégraphiques*, 3e série, t. XVI, p. 94.

Gérant : Ve DUNOD. — PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1890 Juillet-Août

DESCRIPTION
DU
COMPTEUR D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

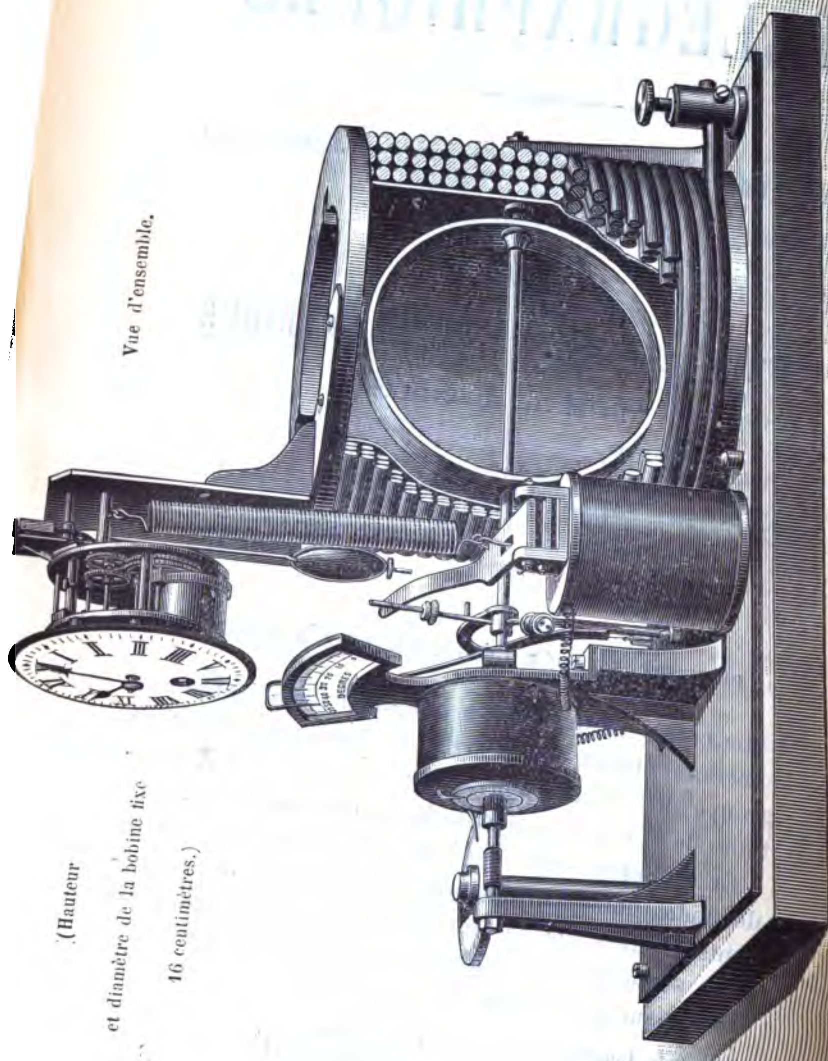
De M. R. BLONDLOT
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy,
Construit par M. FABIUS HENRION
et présenté au concours ouvert par la Ville de Paris en 1889 (*).

PRINCIPE ET IDÉE GÉNÉRALE DE L'APPAREIL.

Le compteur que j'ai eu l'honneur de présenter au concours ouvert par la Ville de Paris, appartient au groupe des Watts-heure-mètre à intégration discontinue de la classification de M. E. Hospitalier (**).

Ce compteur effectue automatiquement la somme des indications fournies par un wattmètre à des instants séparés par des intervalles de temps égaux, de telle sorte que les intéressés n'ont qu'à lire cette somme sur les cadrans de l'appareil.

(*) Voir *Annales télégraphiques* 1890, p. 274.
(**) Voir les *Compteurs d'énergie électrique*, p. 12.



Vue d'ensemble.

(Hauteur et diamètre de la bobine fixe 16 centimètres.)

Le wattmètre employé est un électrodynamomètre dont la bobine fixe, à gros fil, est parcourue par le courant principal, et dont la bobine mobile, à fil fin, est intercalée dans une dérivation à grande résistance aboutissant aux deux bornes qui comprennent les appareils électriques dont on veut mesurer la dépense. Les deux bobines étant ainsi parcourues respectivement par le courant principal I, et par le courant dérivé I′, lequel est proportionnel à la différence de potentiel E entre les bornes, l'expression du moment du couple qui agit sur la bobine mobile contient comme facteur le produit EI. Grâce à une disposition qui sera décrite plus loin, la déviation de l'électrodynamomètre est rendue proportionnelle au couple précédent, et, par suite, à EI, de sorte que l'on a ainsi un wattmètre dont la déviation est à chaque instant proportionnelle à la valeur du produit EI.

Pour aider à comprendre la manière dont l'intégration s'effectue dans mon appareil, imaginons qu'une personne exécute à des intervalles de temps réguliers et courts, que nous appellerons θ, la série d'opérations suivantes :

Cette personne effectue d'abord l'embrayage de l'axe de l'électrodynamomètre (ou wattmètre) avec celui d'un compteur de tours ordinaire; puis, à l'aide du doigt, elle ramène l'électrodynamomètre au zéro; enfin, elle opère le débrayage des axes, de sorte que l'électrodynamomètre rendu libre vient de nouveau indiquer la valeur de EI.

L'effet de cette manœuvre est de faire avancer le compteur de tours à chaque intervalle de temps θ d'un angle proportionnel à la valeur du produit EI au commencement de cet intervalle. Par suite, après un temps

quelconque, la rotation totale du compteur de tours représentera une valeur approchée de $\int EI\,dt$ pendant cet intervalle de temps, à un facteur constant près ; l'évaluation sera d'autant plus exacte que le temps θ aura été pris plus court. Pour déterminer le facteur constant, il suffit d'appliquer l'appareil au cas d'un courant constant quelconque, et de mesurer en même temps E et I à l'aide d'un voltmètre et d'un ampèremètre.

Le principe du compteur présenté est simplement le suivant : Faire exécuter automatiquement par l'appareil lui-même la série d'opérations que nous avons supposé être effectuées par une personne.

Je vais décrire successivement les différents organes de l'appareil.

1° *L'électrodynamomètre ou wattmètre.*

Une bobine creuse AA (*fig.* 1) de 16 centimètres de hauteur et de diamètre est assujetie de façon que son axe soit vertical ; sur cette bobine est enroulé un gros fil de cuivre formant plusieurs couches : c'est le circuit fixe de l'électrodynamomètre. La bobine mobile se compose d'un léger anneau d'aluminium BCDE de 14 centimètres de dia-

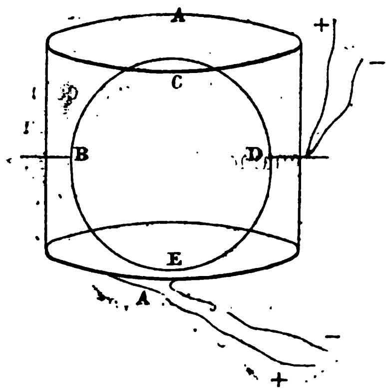


Fig. 1.

mètre, sur lequel sont enroulés un petit nombre de tours d'un fil fin; cet anneau peut tourner dans l'intérieur de la bobine fixe, autour de son propre diamètre horizontal BD; les communications de cette partie mobile avec les parties fixes de l'appareil ont lieu par l'intermédiaire de rubans métalliques très minces et très flexibles. Le champ magnétique étant sensiblement uniforme dans l'intérieur de la bobine fixe, le moment du couple qui agit sur l'anneau mobile est, à un facteur constant près, égal au produit de II' par le cosinus de la déviation. Pour rendre cette déviation proportionnelle au produit II', l'axe de la bobine mobile porte une sorte d'excentrique ABC (*fig.* 2) sur le contour duquel est enroulé un fil qui soutient un poids P. Le profil de l'excentrique est déterminé de manière que la condition de proportionnalité soit remplie (voir la note complémentaire).

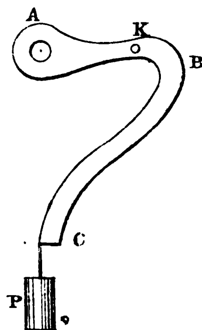


Fig. 2.

Il est nécessaire que le centre de gravité de l'équipage mobile de l'électrodynamomètre, bobines et accessoires, sauf le poids suspendu au fil, se trouve sur l'axe de rotation; pour l'y amener, le constructeur, après avoir enlevé le poids, déplace méthodiquement, l'une après l'autre, deux masses mobiles sur deux tiges filetées rectangulaires implantées dans l'axe, jusqu'à ce que l'équipage mobile soit en équilibre indifférent.

Une aiguille fixée à l'axe, et se mouvant devant un cercle divisé en degrés, indique à chaque instant la déviation de l'électrodynamomètre, et, par suite, le nombre de watts (voir la vue d'ensemble).

2° *Embrayage et débrayage.*

L'embrayage est effectué par l'attraction d'un électro-aimant sur son armature. Le noyau A (*fig.* 3) de l'électro-aimant est cylindrique; il est solidaire de l'axe X du compteur de tours. L'armature est fixée à l'axe Y de l'électrodynamomètre par l'intermédiaire d'un ressort RR formé par un ruban métallique courbé en forme d'un anneau ovale; cette armature se compose simplement de deux petites tiges de fer B, B′, rivées sur le ressort. Aussitôt que le noyau est aimanté par un courant, la flexion du ressort permet à l'armature de venir se coller contre le noyau : à ce moment, les deux axes n'en forment plus qu'un. Le débrayage se produit instantanément, aussitôt que le courant cesse d'aimanter le noyau.

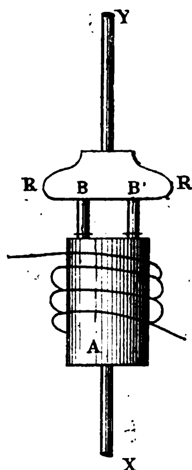


Fig. 3.

3° *Mécanisme destiné à ramener périodiquement l'électrodynamomètre au zéro.*

Dans l'excentrique précédemment décrit est implantée une cheville de laiton *k* (*fig.* 4) perpendiculaire au plan de l'excentrique. D'autre part, un levier pesant AA′ est maintenu soulevé par un second levier BB′, soutenu lui-même par un ressort R qui traverse un trou percé dans AA′. Le levier BB′ porte une pièce de fer C, qui constitue l'armature d'un électro-aimant D.

Lorsqu'un courant traverse la bobine de D, l'armature C est attirée, BB' s'abaisse, et le levier AA' n'étant plus soutenu, vient tomber sur la cheville et, par son poids, ramène l'électrodynamomètre au zéro : un butoir E l'empêche d'aller plus loin.

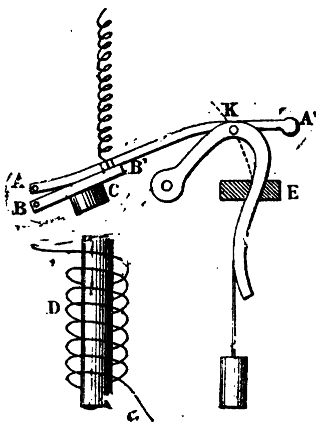


Fig. 4.

La bobine d'embrayage et la bobine D sont montées en série dans un même circuit auxiliaire, qui reste généralement ouvert, mais est fermé périodiquement par une horloge. Au moment de la fermeture, l'embrayage se produit subitement, à cause du peu de masse de l'armature d'embrayage; le levier AA', au contraire, n'agit qu'un peu après, par suite du retard dû à la masse du mécanisme dont il fait partie, et aussi à ce qu'il tombe sous la seule influence de son poids, sans être actionné directement par l'électro-aimant D. Ce petit retard était nécessaire, puisque l'embrayage des axes doit être assuré avant le rappel au zéro.

4° *Horloge, compteur de tours, sensibilité, réglage, contrôle.*

L'intervalle de temps θ employé jusqu'ici est de cinq minutes. Pour fermer périodiquement le circuit auxiliaire, on peut employer deux dispositifs :

Ou bien munir chaque compteur d'une horloge, au-

quel cas le circuit auxiliaire a ses deux extrémités fixées aux bornes de l'abonné ;

Ou bien employer une horloge unique située au poste central, en y faisant aboutir les circuits auxiliaires de tous les abonnés : il suffit pour cela d'un seul fil supplémentaire de petit diamètre, l'un des fils de la canalisation faisant fil de retour. Ce dispositif est bien préférable au premier.

Je ne dirai rien du compteur de tours employé, cette portion de l'appareil ne présentant rien d'essentiellement nouveau.

Le poids suspendu au fil de l'excentrique se détermine pour chaque compteur d'après la sensibilité que l'on désire : on peut ainsi faire varier cette sensibilité dans des limites extrêmement étendues, sans changer e type de l'instrument.

Le réglage à effectuer lors de l'installation de l'appareil se réduit à le caler à l'aide des vis du socle, de façon que la cheville K de l'excentrique vienne reposer sur son butoir, sans jeu ni pression.

Le contrôle du fonctionnement du compteur peut se faire à tout instant : il suffit de vérifier que l'aiguille du wattmètre indique bien le nombre de watts, et que les rabattements ont bien lieu toutes les cinq minutes.

M. R. BLONDLOT.

NOTE COMPLÉMENTAIRE POUR LA CONSTRUCTION DU COMPTEUR BLONDLOT.

Tracé de l'excentrique.

Soit AB (*fig.* 5) la position de l'excentrique lorsque l'axe a tourné d'un angle α, et soit oC la position qu'occupe alors l'horizontale primitive du point o.

Le couple électromagnétique a pour valeur $II' \cos\alpha$; il est équilibré par le poids P agissant à l'extrémité du bras du levier $\overline{oD}$: on a ainsi

$$II' \cos\alpha = P \times \overline{oD},$$

d'où

$$II' = \frac{P \times \overline{oD}}{\cos\alpha}.$$

Mais on veut avoir $\alpha = \lambda \cdot II'$, λ étant une constante; par suite,

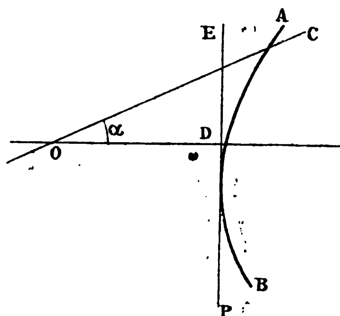


Fig. 5.

$$\alpha = P \times \lambda \frac{\overline{oD}}{\cos\alpha},$$

et comme $\frac{\overline{oD}}{\cos\alpha} = \overline{oE}$, on obtient finalement

$$\alpha = K \times \overline{oE},$$

K étant une nouvelle constante.

De là, la construction suivante : tracer deux droites rectangulaires oX, oY (*fig.* 6); porter sur ox des longueurs oM, MM', $M'M''$,... quelconques, mais égales entre elles; puis mener, par chacun des points N, N', N'',... une droite faisant avec oy un angle proportionnel à la distance du point considéré à l'origine o. Chacune de ces droites est une tangente au profil de l'excentrique, qui est ainsi déterminé comme leur enveloppe.

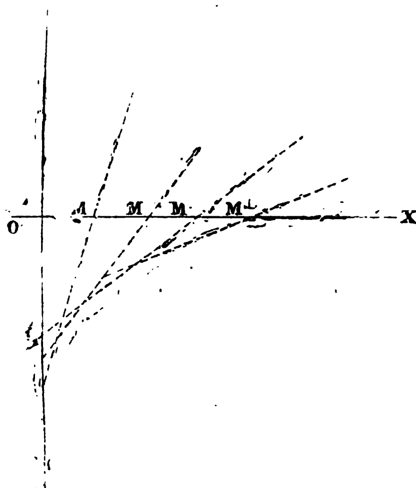


Fig. 6.

Il faut toutefois remarquer que ce tracé n'est applicable que dans le cas d'une bobine assez longue pour pouvoir être considérée comme indéfinie; dans la pratique, on retouche empiriquement le profil théorique.

COMPTEUR D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Système Lucien BRILLIÉ (*).

Le principe de l'appareil, à intégration discontinue, consiste à venir, à l'aide d'une horloge, recueillir, à intervalles de temps réguliers, les indications d'un électrodynamomètre de torsion « wattmètre ». Le mouvement de torsion du ressort est obtenu à l'aide d'un appareil électromoteur dont le mouvement est régularisé par un moulinet et dont les amplitudes sont totalisées et enregistrées par un numéroteur.

L'appareil comprend cinq organes principaux :

1° Un *électrodynamomètre* de torsion évaluant la puissance EI à l'instant de la mesure;

2° Un *électromoteur* animant l'ensemble de l'appareil;

A chaque mesure il remonte l'horloge. tend lentement le ressort de l'électrodynamomètre jusqu'à ce que la bobine mobile de celui-ci se déplace sous son action;

3° Un *modérateur* qui régularise les différents mouvements;

4° Un *mouvement d'horlogerie* déterminant les intervalles de temps réguliers entre deux mesures successives;

5° Un *numéroteur* enregistrant la somme des produits EI, à intervalles de temps périodiques égaux, en

(*) Voir *Annales télégraphiques*, 1890, p. 273.

avançant chaque fois d'une quantité proportionnelle à l'angle de torsion du ressort.

Dans l'appareil en fonctions, le ressort de l'électrodynamomètre est soumis aux mouvements suivants :

Toutes les minutes et périodiquement l'extrémité du ressort part de la position du repos, tourne lentement jusqu'à ce que la bobine mobile de l'électrodynamomètre, maintenue appliquée contre les cadres fixes par le courant qui les traverse, se déverse sous l'action du ressort, et revient ensuite à sa position du repos ou elle est ramenée par un ressort antagoniste.

La puissance du courant est alors représentée, à chaque mesure, par l'angle décrit par l'extrémité du ressort.

La somme de ces angles, rigoureusement enregistrée, représente l'énergie totale dépensée pendant le temps correspondant.

Les efforts qui agissent sur la bobine mobile étant d'un côté proportionnels à la puissance EI, de l'autre proportionnels aux angles de torsion du ressort, l'appareil est lui-même proportionnel *par principe;* la bobine occupant la même position quelle que soit la puissance à mesurer.

I. ÉLECTRODYNAMOMÈTRE.

La partie fixe est constituée par deux cadres de gros conducteurs traversés par le courant I et placés en série ou en dérivation suivant la puissance du compteur (*fig.* 1).

La partie mobile se compose d'une bobine dont le fil fin est placé en série avec celui de l'électromoteur

et se trouve parcourue en temps utile par un courant proportionnel à E. L'axe de la bobine est monté sur un couteau et une pointe, ce qui lui assure une très grande

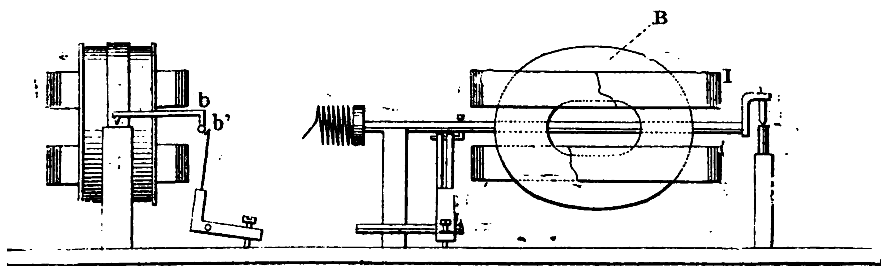


Fig. 1.

mobilité. De plus deux butées *a* diamétralement opposées limitent le déplacement de la bobine, déplacement juste suffisant pour interrompre le contact *bb'* et assurent à la bobine une position rigoureusement la même à chaque mesure.

II. ÉLECTROMOTEUR.

Il est destiné :

1° A effectuer les mouvements du ressort de l'électrodynamomètre ;

2° A remonter, à chaque mesure le mouvement d'horlogerie qui détermine la périodicité des mesures.

Il se compose d'un électro-aimant agissant simultanément :

1° Sur la culasse C mobile autour de l'une des branches de l'électro-aimant et dont le déplacement est utilisé pour le remontage périodique de l'horloge ;

2° Sur une armature A mobile entre deux pièces polaires courbes PP' pouvant tourner d'un angle assez

la roue à rochet R en écartant brusquement *t* de *t'* d'une quantité donnée. Le temps que *t'* par suite de son mouvement de rotation, mettra à venir établir un nouveau contact avec *t*, établira la périodicité des mesures ; périodicité qui sera constante et facile à régler.

V. NUMÉROTEUR.

Le numéroteur doit enregistrer la somme des angles décrits par l'extrémité du ressort, ou, ce qui revient au même, les angles proportionnels décrits par le secteur.

La commande se fait au moyen d'un parallélogramme articulé actionnant un entraîneur à friction (*fig.* 3) formé d'un fil d'acier ABCD rendu flexible en B.

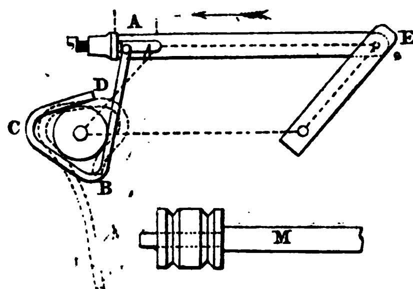


Fig. 3.

Cet entraîneur glisse à frottement dans une gorge en forme de V formée par la juxtaposition de troncs de cônes fixés sur l'arbre de commande du numéroteur.

Suivant le sens dans lequel on agit sur l'extrémité de l'entraîneur, l'angle rendu flexible s'ouvrira ou se fermera et l'entraîneur glissera ou se trouvera coïncé

dans la gorge en forme de V et dans ce dernier cas entraînera l'arbre du numéroteur.

L'entraîneur à friction agit donc sans aucun temps perdu et enregistrera rigoureusement tous les déplacements du levier AE, même ceux imperceptibles.

Un entraîneur identique au précédent, maintenu fixe dans le même sens et indiqué en pointillé, forme contre-cliquet et empêche tout mouvement en arrière de l'arbre M portant les troncs de cônes.

Fonctionnement.

La *fig.* 2 indique le montage de l'appareil et la marche du courant de dérivation qui le fait fonctionner (représenté en traits ponctués).

Au moment où l'horloge établit le contact *tt'* *fig.* 2, le courant traverse l'électromoteur, le contact *bb* *fig.* 1, la bobine de l'électrodynamomètre et retourne à la source d'énergie électrique.

Dès que le contact *tt'* est établi, l'électromoteur attire aussitôt la culasse mobile dont un doigt commande le contact *bb'* et établit le contact placé en dérivation sur celui de l'horloge.

En même temps cette culasse C (*fig.* 2) remonte l'horloge en interrompant le contact *tt'*; mais le courant de dérivation continue à passer dans l'électromoteur par le contact *bb'* jusqu'à ce que, sous l'action du ressort tendu progressivement par l'armature, la bobine de l'électrodynamomètre se déverse et interrompe ce contact par glissement, alors immédiatement tous les organes reviennent dans leur position de repos jusqu'au moment où l'horloge qui continue son mouvement établit un nouveau contact en *tt'*.

Le courant principal traverse les cadres fixes II (*fig.* 1) de l'électrodynamomètre et sort du compteur pour aller aux appareils où se dépense l'énergie électrique.

Les cadres sont parcourus par le même courant I que les appareils et le circuit de dérivation du compteur, lorsqu'il est fermé, est parcouru par un courant proportionnel à E.

La bobine de l'électrodynamomètre ne se déversera que lorsque la torsion du ressort fera équilibre aux actions des courants de la bobine mobile et des cadres fixes. C'est la mesure de EI.

Si EI est supérieur au maximum pour lequel l'appareil est construit, un petit levier *l* (*fig.* 2) fixé sur le pignon actionnant le ressort vient buter dans son mouvement de rotation contre un doigt *l'*, solidaire du contact *b'*; rompt le contact *b b'* et l'appareil continue à fonctionner en enregistrant l'énergie maxima pour laquelle il a été construit.

Si EI est nul, c'est-à-dire que si aucun courant ne passe dans les cadres fixes pour permettre le remontage de l'horloge le ressort de l'électrodynamomètre est calé avec un angle de retard tel que le mouvement du parallélogramme commandant l'entraîneur à friction du numéroteur soit, lors de la mesure, exactement égal à la longueur d'une fenêtre A (*fig.* 3), percée dans une de ses branches. Dans ces conditions le numéroteur ne sera pas entraîné.

Dans la position du repos de l'appareil le ressort de l'électrodynamomètre aura donc une torsion négative qui deviendra égale à O à la fin du remontage de l'horloge, moment qui coïncide, avec l'origine de l'enregistrement de l'angle de torsion du ressort, dans le cas où un courant traverserait les cadres fixes, c'est-

à-dire qu'une certaine quantité d'énergie électrique serait dépensée.

Tous les appareils sont construits de telle façon que par simple lecture on ait la dépense d'énergie en kilowatts-heures et peuvent fonctionner sous une différence de potentiel variant de 90 à 130 volts, ou tout autre demandée.

La mise en circuit de l'appareil est donc des plus simple :

Prendre sur le positif de la ligne le courant et serrer fortement dans la borne M le fil positif de l'abonné.

De la borne M′ faire partir un fil qui du compteur ira aux divers appareils.

Le fil négatif de l'abonné pris sur le fil négatif de la ligne devra traverser la boîte du compteur de façon à mettre à l'intérieur du compteur, dont le couvercle peut être scellé, la prise du courant de dérivation et à éviter ainsi toute fraude. Deux orifices O et O′ sont ménagés dans le couvercle pour le passage du négatif de l'abonné.

RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE DE PARIS (*)

DIFFÉRENTS MODES D'INSTALLATION DES POSTES D'ABONNÉS.

La plupart des lignes aboutissant à un bureau central sont affectées au service d'un seul abonné. Toutefois, il est fait usage dans le réseau de Paris de dispositifs et d'appareils spéciaux permettant de grouper plusieurs postes sur une même ligne. Dans tous les cas, que la ligne soit à la disposition d'un seul ou de plusieurs abonnés, elle se termine toujours au bureau central par le même ensemble d'organes (jack knife et annonciateur, *fig.* 1).

Bien que ces organes appartiennent au matériel des bureaux centraux, qui sera décrit plus loin, il y a lieu d'indiquer dès à présent leur rôle. Le jack-knife auquel aboutissent les deux fils de la ligne n'est autre qu'un commutateur à deux directions, qui, à l'état normal, relie la ligne avec l'annonciateur correspondant, et qui permet, au moyen d'une manœuvre de la téléphoniste, de mettre en relation la ligne avec un appareil du bu-

(*) Le réseau téléphonique de Paris doit subir de profondes transformations. Les *Annales* ont déjà publié plusieurs études sur cette importante question et continueront à porter à la connaissance de leurs lecteurs les améliorations projetées ou réalisées. Néanmoins, il était utile de fixer exactement le point de départ. A ce point de vue la description d'ensemble de M. Mambret offrira sans aucun doute un réel intérêt, bien qu'elle ne s'applique pas à des appareils ou ne contienne pas de renseignements entièrement nouveaux et inédits.

reau central, autrement dit de faire communiquer le poste de l'abonné et le bureau qui le dessert. L'annonciateur est destiné à recevoir les appels des abonnés.

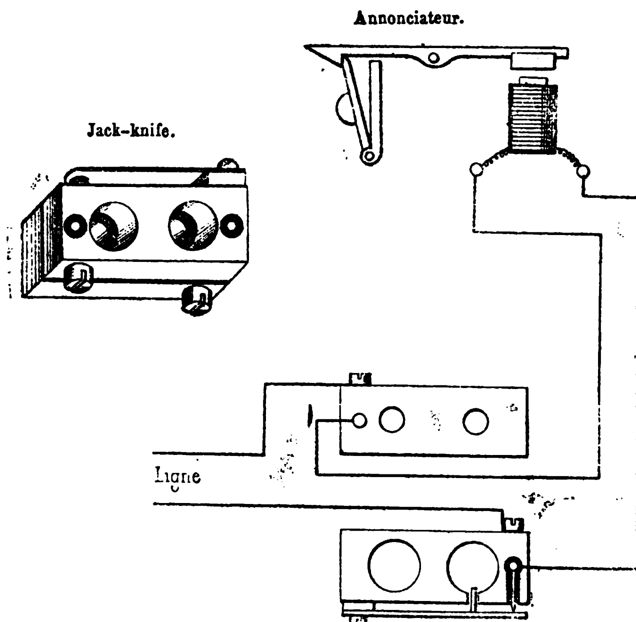


Fig. 1.

Leur fonctionnement permet à la téléphoniste de reconnaître sur quelle ligne l'appel a eu lieu et, même dans le cas des installations Ducousso (deux postes sur la même ligne), de savoir de quel poste provient l'appel.

Installation d'un poste ordinaire.

Un poste d'abonné comprend un transmetteur, deux récepteurs, une sonnerie et une pile. La *fig.* 2 donne le diagramme des communications.

Le crochet C qui sert à accrocher l'un des récepteurs joue le rôle de commutateur automatique. Quand le ré-

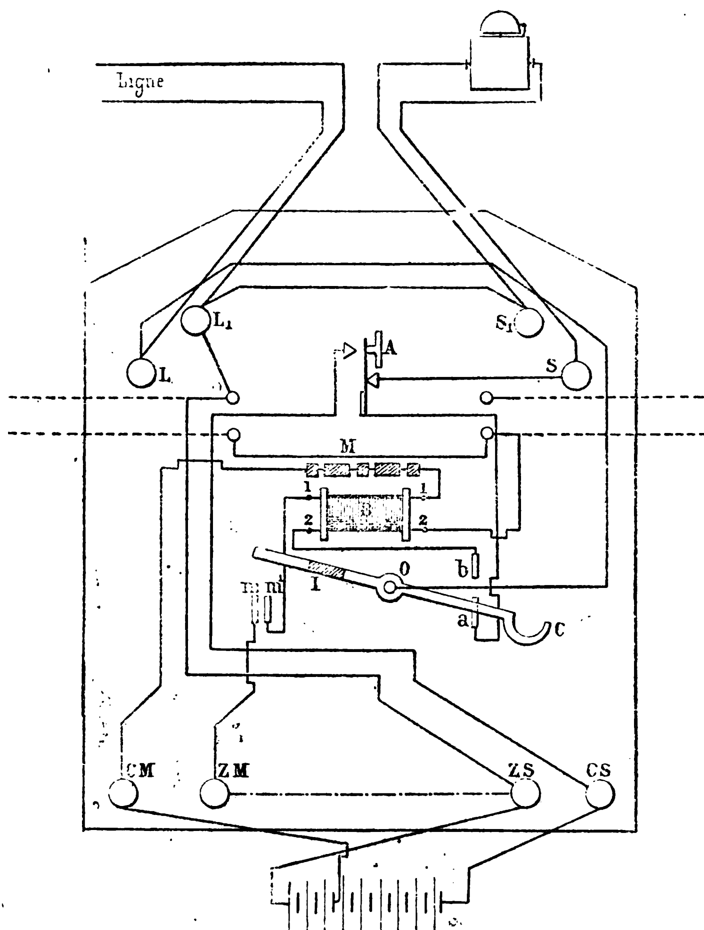


Fig. 2.

cepteur est suspendu son poids tient le levier abaissé ; quand, au contraire, le récepteur est décroché, un ressort agissant sur le levier le fait relever.

Dans le premier cas, un courant venant de la ligne et entrant par la borne L, passe par le levier, le ressort-lame *a*, la clef d'appel, traverse la sonnerie et sort par le deuxième fil de la ligne L_1. Si maintenant le levier restant toujours abaissé, on appuie sur le bouton A, le pôle cuivre de la pile d'appel communique par l'intermédiaire de la clef, du ressort *a* et du levier avec un des fils de la ligne L, et le pôle zinc avec l'autre fil.

Dans le deuxième cas, un courant venant de la ligne et entrant par la borne L, passe par le levier, le ressort-lame *b* traverse le circuit secondaire de la bobine d'induction, les récepteurs et sort par le deuxième fil de ligne. En même temps, le circuit microphonique composé de la pile, du microphone et du circuit primaire de la bobine d'induction se trouve fermé par suite du contact des deux ressorts *mm'* avec le levier.

En résumé, dans l'une des positions (récepteur suspendu et levier abaissé), l'abonné peut appeler le bureau central ou en recevoir les appels dans l'autre position, l'abonné peut causer avec le correspondant.

Remarque. — Ainsi que le montre le diagramme, la pile du microphone n'est pas distincte de la pile d'appel et se compose d'une partie des éléments de cette dernière. Ce mode d'installation dans lequel les bornes zinc des deux piles sont réunies ne peut avoir lieu qu'autant que le levier se compose de deux parties séparées par un isolant I.

Si l'appareil, en effet, ne présentait pas cette disposition, il se formerait entre les bornes L et L_1 un court circuit L.O.*m*.ZM.ZS.L_1 qui rendrait l'usage de l'appareil sinon impossible, du moins très difficile.

Poste ordinaire avec sonnerie à double enroulement.

Dans l'installation décrite ci-dessus, lorsque l'abonné reçoit un appel, cet appel est obtenu par la manœuvre d'une clef qui met en relation chacun des fils de ligne avec un des pôles de la pile.

Lorsque la distance du point d'où part l'appel au poste d'abonné n'est pas grande, une telle installation ne présente pas d'inconvénient; mais il n'en est plus de même si cette distance est grande à cause de la résistance de la ligne (30 ohms par kilomètre).

Dans ce cas on emploie, d'un côté la clef dite d'*appel direct*, de l'autre la sonnerie à double enroulement.

La clef d'appel direct permet de réunir les deux fils entre eux et avec un des pôles de la pile, l'autre pôle étant à la terre.

Dans la sonnerie à double enroulement, la bobine se compose de deux fils enroulés simultanément autour du noyau, deux des extrémités aboutissant aux deux bornes *ligne*, les deux autres reliées ensemble communiquant à la borne *terre* par l'intermédiaire de la masse, de l'armature, du ressort de contact et de la vis butoir.

De cette façon, la résistance de la ligne, au lieu d'être doublée comme dans le cas précédent, se trouve réduite de moitié. On arrive ainsi à pouvoir, sans changer le nombre d'éléments de pile, appeler à une distance beaucoup plus grande et en employant des sonneries plus résistantes et plus sensibles.

Si, maintenant, on se reporte aux communications intérieures de l'appareil transmetteur, on voit qu'avec une telle installation et lors même que le levier est

relevé, il y a toujours un point (L_1) de la ligne en contact avec la terre par l'intermédiaire du fil L_1 S_1 et de la sonnerie.

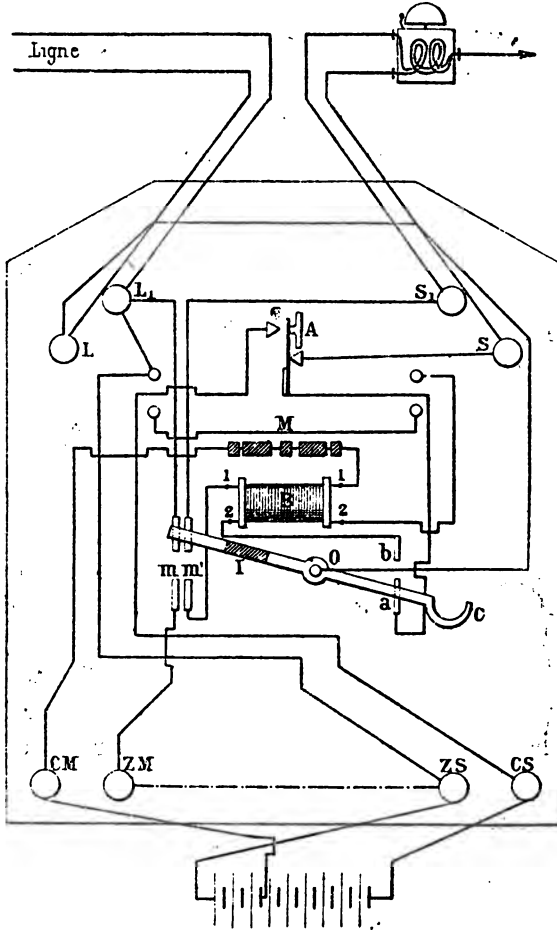


Fig. 3.

Il peut y avoir là une cause de dérangement, en particulier s'il existe une perte sur un des fils de ligne,

celle-ci étant en contact avec la terre en deux points, se trouve réduite à l'état de ligne à simple fil et, par conséquent, sujette à l'induction des fils voisins. Pour éviter cela, on fait en sorte que la sonnerie soit complètement isolée quand le levier est relevé. Dans ce but on intercale entre les bornes L_1 et S_1, au lieu du fil qui les réunit directement dans les appareils ordinaires, deux ressorts-lames qui ne peuvent communiquer que par l'intermédiaire du levier, quand celui-ci est abaissé (*fig.* 3).

Un grand nombre de postes d'abonnés au réseau téléphonique de Paris sont pourvus d'appareils ayant subi cette modification et de sonneries à double enroulement.

Poste d'abonné muni de l'appel direct.

Un certain nombre d'abonnés possèdent deux postes entre lesquels ils échangent le plus grand nombre de leurs communications. Pour ces abonnés, il y a donc intérêt à ce que les deux postes soient munis d'appareils leur permettant de communiquer directement sans passer par aucun intermédiaire, tout en leur laissant la faculté de correspondre avec le bureau central et par lui avec le réseau.

Ce résultat est atteint au moyen des dispositions suivantes ;

1° Au poste central, les jack-knifes correspondant aux deux postes sont constamment reliés par un cordon dont les fiches sont placées de telle sorte qu'un des deux annonciateurs reste toujours en dérivation ;

2° Dans chaque poste se trouve un système de deux

clefs permettant d'appeler en circuit métallique (appel au bureau) ou au moyen d'un courant envoyé simultanément dans le même sens sur les deux fils de ligne réunis (appel direct).

Les appels sont reçus dans un relais à double enroulement dont le fonctionnement détermine celui d'une sonnerie.

La *fig.* 4 donne le diagramme de l'installation de deux postes pouvant s'appeler directement :

1° L'abonné veut communiquer du poste 1 avec le poste 2.

Il appuie sur la clef D_1 (appel direct). Les deux lames de la clef sont réunies métalliquement entre elles et prennent contact avec un pôle de la pile P'_1 dont l'autre pôle est à la terre. Dans ces conditions, deux courants égaux et de même sens sont envoyés simultanément sur les deux fils de ligne.

Ces courants traversent la clef B_1, la ligne L_1, le jack J_1, le cordon de jonction C, le jack J_2 où l'annonciateur a_2 se trouve en dérivation; la ligne L_2, les clefs B_2 et D_2, l'appareil A_2 et se rendent à la terre en passant par le relais R_2.

Les deux courants égaux traversant l'annonciateur a_2 en sens contraire sont sans action sur lui, tandis qu'ils déterminent le fonctionnement du relais R_2 qu'ils traversent dans le même sens.

2° L'abonné veut communiquer avec un autre abonné du réseau :

Il appuie sur la clef B_1 dont les lames sont séparées au moyen d'un isolant fixé sur l'une d'elles. Chacun des fils de ligne se trouve alors mis en contact avec un des pôles de la pile P_1 et, dans ce cas, le courant agit sur l'annonciateur sans déterminer le fonctionnement

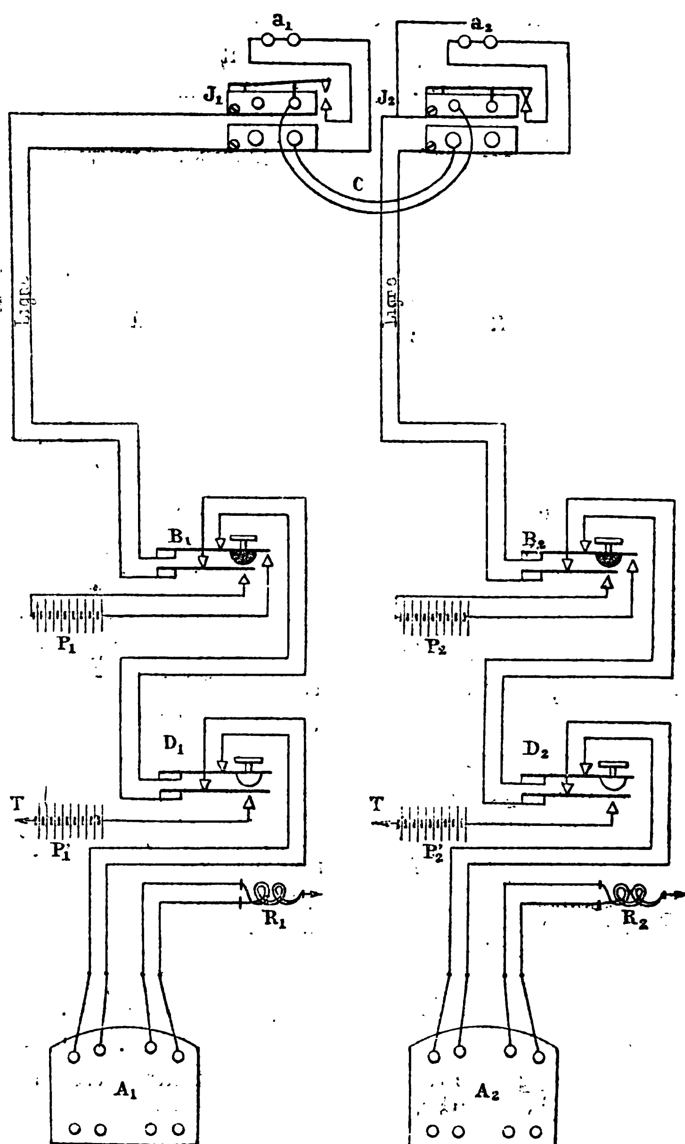


Fig. 4.

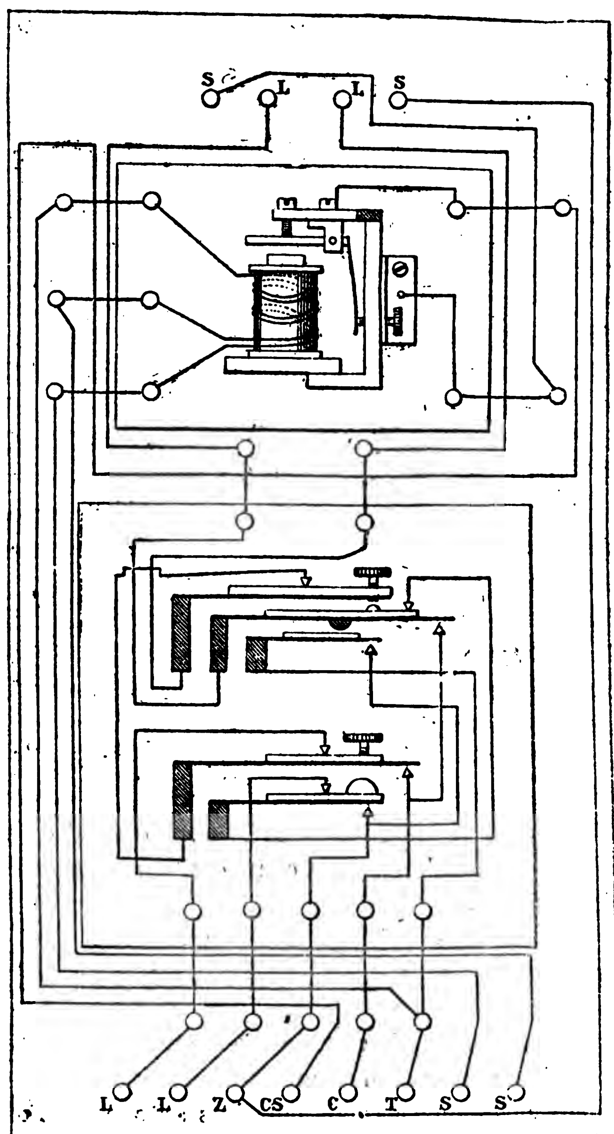


Fig. 5.

du relais dont les deux fils sont traversés en sens inverse par le même courant.

3° Si un abonné du réseau demande la communication avec l'un des deux postes, le bureau central coupe la communication directe en retirant l'une des fiches du cordon et appelle le poste demandé.

Il est à noter, dans ce cas, que chacun des deux postes 1 et 2 étant muni d'un relais à double enroulement, l'appel du bureau central doit être envoyé à l'aide d'une clef à appel direct.

Remarque. — Pendant un certain temps, on a utilisé des relais à deux bobines. Ceci permettait d'appeler l'un des deux postes indifféremment avec la clef ordinaire (en circuit métallique) soit avec la clef à appel direct. Mais lorsque l'un des postes appelait le bureau central, il pouvait, si la ligne reliant l'autre poste était peu résistante, déterminer le fonctionnement du relais de ce dernier poste et y produire un appel inutile. Afin d'éviter cet inconvénient, on a substitué à ce modèle de relais à deux bobines les relais à une bobine et à double enroulement.

En outre des appareils ordinaires, l'installation d'un poste avec appel direct comporte donc l'emploi de deux clefs et d'un relais. Ces organes sont ordinairement groupés de manière à ne constituer qu'un appareil unique (*fig.* 5).

Installation de deux postes avec relais polarisés.

Jusqu'à présent, il n'a été question que de postes desservis chacun par une ligne spéciale. L'installation de deux postes avec relais polarisés a pour but l'emploi d'une seule ligne pour deux abonnés.

Cette installation permet de remplir les conditions suivantes :

1° Un des deux abonnés et le poste central peuvent recevoir les appels l'un de l'autre sans que la sonnerie du deuxième abonné soit mise en mouvement.

Dans ce but, les deux postes sont munis de relais polarisés pouvant fonctionner sous l'action de deux courants inverses. Outre cela les piles sont montées de manière que les appels émanant de deux postes donnent lieu à des courants de sens contraire ; de cette façon, si le bureau central est pourvu d'un annonciateur à armature polarisée, on peut reconnaître duquel des deux postes provient l'appel.

2° Chacun des deux abonnés peut constater si la ligne est libre ou occupée.

Ce résultat est obtenu au moyen d'un galvanomètre placé au-dessus de l'appareil. Lorsqu'on appuie sur le bouton d'appel, l'aiguille dévie si la ligne est libre ; elle reste, au contraire, immobile si la ligne est occupée.

3° Les deux abonnés ne peuvent surprendre les communications l'un de l'autre.

L'installation est telle, en effet, que si les récepteurs d'un des deux appareils sont décrochés et le levier relevé, on ne peut décrocher les récepteurs du deuxième appareil et laisser relever le crochet de suspension sans couper immédiatement la ligne.

Le diagramme (*fig.* 6) indique la marche du courant dans les différents cas :

1° Le bureau central appelle un des deux postes.

Le courant traverse successivement les deux relais et les deux appareils en passant par les clefs d'appel et les commutateurs ($r_1 r'_1\ r'_2 r_2\ S_2 A_2 C_2 L_2\ S_1 A_1 C_1 L_1$).

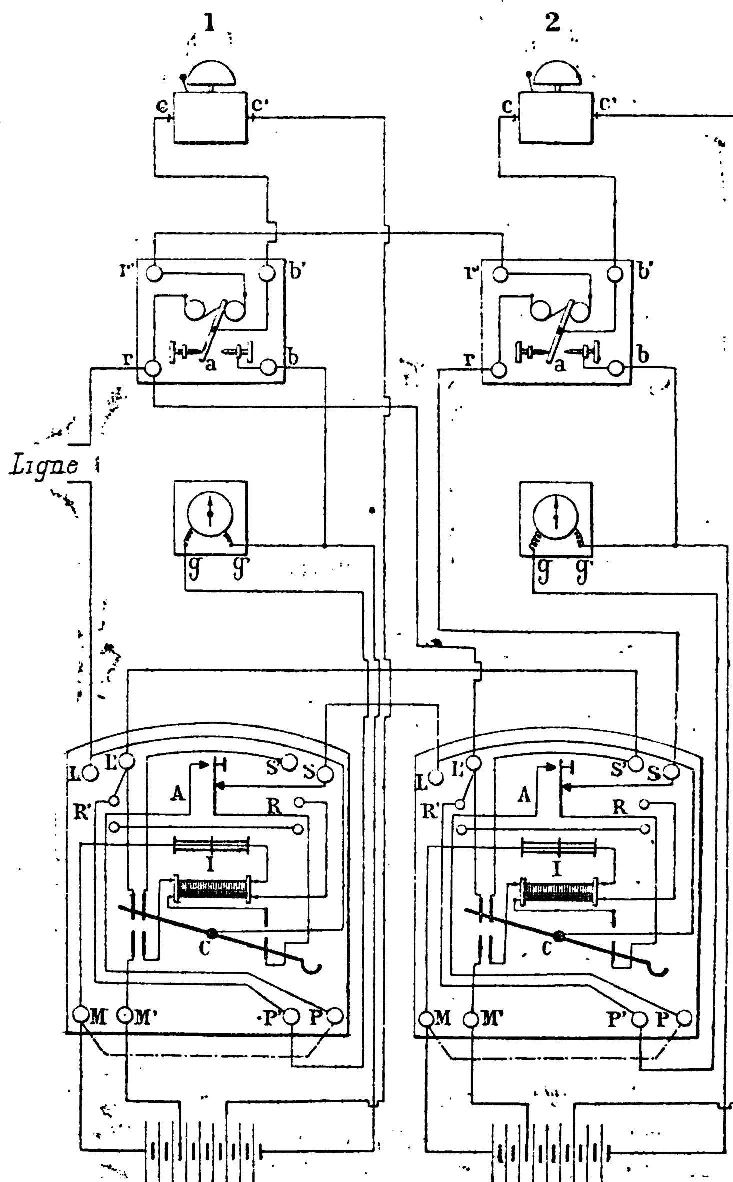


Fig. 6.

Le courant traversant les deux relais en sens inverse ne détermine le fonctionnement que de l'un d'eux.

2° Un des deux postes, le poste 1 par exemple, appelle le bureau central.

Le courant partant du pôle négatif suit le chemin $M_1 P_1 A_1 C_1 L_1 r_1$ $L'_2 S'_2 L'_1 P'_1$ $g_1 g'_1$ et se ferme sur le pôle positif de la pile.

On voit que le courant émis par le poste qui appelle traverse, d'une part, son propre galvanomètre, et, d'autre part, l'appareil de l'autre poste en passant par les ressorts-lames que le levier, abaissé, relie métalliquement.

Si donc ce levier est relevé, le circuit d'appel du premier poste est interrompu et le galvanomètre ne fonctionne pas.

3° Un des deux postes, le poste 2 par exemple, communique avec le bureau central ou tout autre abonné.

Le courant arrivant par la borne L_1 suit le chemin $L_1 C_1 A_1 S_1$ $L_2 C_2 I_2 R_2 R'_2 L'_2$ et sort par la borne r_1.

Comme dans le cas précédent, le circuit n'est complet que si le levier du deuxième appareil est abaissé; autrement dit les récepteurs des deux appareils ne peuvent être décrochés simultanément et, par suite, il est impossible pour l'un des postes de surprendre les communications échangées par l'autre.

Il en résulte aussi que les deux abonnés ne peuvent communiquer l'un avec l'autre.

(*A suivre.*) MAMBRET.

NOTES SUR LA TÉLÉPHONIE A BERLIN

(NOVEMBRE 1889)

(Suite) (*).

Nous avons dit, dans notre précédent article, que le réseau téléphonique de Berlin comprenait 15 bureaux centraux installés dans 9 bâtiments différents et répartis en 25 pièces. Tous les types de commutateurs s'y trouvaient montés, depuis le Siemens simple à 50 jack-knives, c'est-à-dire l'appareil du début, le type rudimentaire que nous trouvons dans les bureaux actuels de Paris, jusqu'au multiple Scribner monocorde à 6.000 jack-knives, modèle paraissant réaliser à ce moment le commutateur le plus complet et le plus perfectionné. Entre ces deux extrêmes, nous remarquions le multiple Siemens à 1.000 et 2.000 trous, le multiple Mix et Genest, le multiple à double corde système dit de Bruxelles. Ce dernier appareil seul, concurremment avec le multiple américain de la Western Union, a trouvé grâce devant l'ingénieur, impitoyable dans son sacrifice.

Le nombre des bureaux centraux va donc être ramené à 6, portant actuellement les n°s 1, 3, 5, 7, 8 et 9; tous installés dans des bâtiments de l'État, et dont le choix paraît avoir été inspiré plutôt par les facilités d'accès et les convenances intérieures que par la position géographique même. On s'est préoccupé avant tout d'assurer aux bureaux centraux la stabilité dans

(*) Voir *Annales télégraphiques*, 1890, p. 204.

l'emplacement et l'espace pour l'avenir; et quand il s'est agi de procéder à l'élimination du tiers de ces bureaux, l'hésitation n'a pas été d'un seul instant à l'égard de deux d'entre eux occupant des locaux loués par l'Administration. Cette question de la stabilité paraît en effet de premier ordre, et la détermination préalable d'un bureau central remplissant cette première condition d'abord, puis celle d'une heureuse position, offrant des aménagements intérieurs faciles dans le présent et l'avenir, ne constitue pas l'une des moindres difficultés dans l'établissement d'un réseau téléphonique. Au surplus, l'importance de cette question de la stabilité dans l'emplacement du bureau central n'a pas échappé à la Conférence technique réunie à Paris en juillet 1889. On retrouve, en effet, parmi les considérants invoqués par la seconde section de cette Conférence : « le déplacement d'un bureau téléphonique est une opération difficile et coûteuse, qui ne comprend pas seulement la réinstallation du poste central dans son nouveau local, mais nécessite encore des remaniements importants à toutes les lignes du réseau — il importe par suite *avant tout* de choisir dès le principe un emplacement où le service téléphonique puisse être installé d'une façon stable et définitive... »

Tous les bureaux centraux de Berlin sont placés aux étages supérieurs. Faut-il voir là une mesure d'économie ? Nous ne le pensons pas; les bâtiments étant la propriété de l'État et la question d'économie dans les installations paraissant d'un ordre tout à fait secondaire. On a choisi les étages supérieurs à cause du jour abondant qui y arrive, et aussi en raison de la facilité d'accès des fils extérieurs qui jusqu'ici étaient tous aériens, comme nous l'avons déjà dit.

Lorsque la transformation en cours sera opérée, les six bureaux conservés seront montés avec commutateurs multiples à 6.000 jack-knives, dont 5.000 pour fils d'abonnés et 1.000 pour communications auxiliaires. Ils sont disposés ainsi qu'il suit.

Central 1. — En voie d'aménagement. Multiple Scribner monocorde. Une seule pièce pour l'installation complète, c'est-à-dire pour les 6.000 communications à desservir. Le commutateur est monté en deux gradins, la hauteur sous plafond autorisant cet heureux artifice qui permet ainsi de réunir dans un seul local l'installation entière, en vue du nombre d'abonnés maximum qui ait été prévu. Au surplus, le développement du commutateur à 6.000 jack-knives sur une seule ligne, en scindant, comme il est fait à Berlin, les fils auxiliaires de ceux d'abonnés, exigerait un espace de $68^{m},60$, sans compter les dégagements nécessaires (35 groupes de $1^{m},96$ chacun). Ce serait évidemment une disposition peu pratique et peu réalisable.

Central 3. — En cours d'installation avec multiples Scribner monocorde. Mais, contrairement au cas précédent, il ne sera pas possible de loger dans la même pièce le commutateur complet. Dès qu'on atteindra le chiffre de 3.000 abonnés, on devra poursuivre le montage de nouveaux groupes dans un local contigu, tout préparé d'ailleurs.

Central 5. — Entièrement réédifié avec le nouveau multiple, sur deux rangées parallèles dos à dos, pour la facilité de la surveillance, la salle est relativement petite, et reçoit le jour d'en haut, par des vitrages pratiqués au plafond. En raison des dimensions restreintes du local, on ne pourra pas y grouper plus de

1.400 abonnés. Lorsque ce nombre sera dépassé, une nouvelle pièce, située à l'étage inférieur, et dès maintenant disponible, devra être annexée à la précédente.

Central 7. — Travaux de réinstallation commencés avec multiples Scribner monocorde devant remplacer le montage actuel formé de 2 multiples Mix et Genest à 1.000 jack-knives chacun.

Central 8. — Installation conservée. Deux pièces contenant l'une 7, l'autre 4 multiples à double corde, système de Bruxelles, disposés en l'état actuel pour 3.000 jack-knives; mais pouvant, le cas échéant, être modifiés pour en recevoir 3.000 en sus.

Central 9. — Local seul en voie d'appropriation et de restauration. Toutefois l'installation technique doit être, à l'heure actuelle, commencée. Salle de 10 mètres de large sur 40 de long, qui permettra de développer sur deux lignes le commutateur complet. Un jour abondant éclaire la salle par le haut et par l'un des côtés. Cette salle est particulièrement belle, et paraît réaliser le type du local assorti à l'installation complète du commutateur de 6.000 jack-knives.

Telle était la situation, en novembre dernier, des six bureaux centraux maintenus dans le projet de réorganisation du réseau téléphonique de Berlin. Il va sans dire que le montage de ces bureaux ne sera poursuivi qu'au fur et à mesure des besoins. Deux d'entre eux seulement seront dotés de l'installation entière, dans une salle unique, du commutateur à 6.000 jack-knives; pour les autres, cette installation sera répartie en plusieurs pièces contiguës ou à des étages voisins. C'est la maison Welles (Telephon apparat Fabrik) possédant à Berlin, Engelufer, n° 1, une usine importante et des ateliers de fabrication, et exploitant

le brevet Scribner, qui a obtenu du gouvernement allemand la commande des installations et fournitures afférentes aux bureaux centraux. Cette commande a été faite suivant contrat passé en décembre 1888, sur lequel nous relevons les principales dispositions suivantes.

Durée indéterminée du contrat, dont la résiliation ne peut avoir lieu que par une dénonciation faite trois mois à l'avance par l'une ou l'autre des parties.

Si les fournitures ne sont pas livrées, si les travaux ne sont pas exécutés dans les délais convenus; ou si les objets livrés ne remplissent pas les conditions imposées, la maison Welles est passible d'une amende fixée, pour la première semaine à 5 p. 100, pour chaque semaine suivante à 1/2 p. 100 de la valeur des fournitures en retard au premier jour de la semaine correspondante. Le seul fait du retard implique l'amende, sans qu'il soit besoin d'avertissement préalable de la part de l'Administration (*).

La sensibilité de l'annonciateur doit être telle qu'il soit actionné sûrement et sans réglage par le courant de 5 éléments Leclanché, avec intercalation de résistances pouvant varier de 50 à 1.000 ohms. Sa propre résistance ne doit pas excéder 150 ohms.

Exécution parfaite de tous organes, ressorts de springjacks et autres, vis d'attache, fiches, cordons, câbles, soudures, appareils de toutes natures.

Induction réciproque, nulle pour toute la partie des câbles comprise dans le bureau.

Durée de garantie d'un an pour tous travaux et fournitures, à dater de la mise en service, étant entendu

(*) La journée de manœuvre est estimée 5 francs; celle d'ouvrier d'état, 7f,50; celle de contremaître, 15 francs.

que cette garantie ne vise que les avaries pouvant provenir de la mauvaise qualité de la fourniture ou de la main-d'œuvre. En tout cas, l'Administration reste seule juge d'apprécier si une avarie survenue pendant le délai de garantie est ou non imputable au fournisseur.

Est annexé au contrat un prix-courant des différents appareils, sur lequel nous relevons les chiffres suivants :

Tableau pour multiple à double corde, avec 200 annonciateurs d'abonnés, 50 annonciateurs de fin de conversation, tous les organes accessoires tels que fiches, cordons, clés, etc., le tableau pouvant recevoir 6.000 jack-knives	2.875f,00
Le même pour multiple monocordé	3.625 ,00
Tableau pour communications auxiliaires, avec 100 annonciateurs, accessoires comme ci-dessus.	1.812 ,50
Le même avec 50 annonciateurs seulement.	1.437 ,50
Rangée de 20 springjacks.	25 ,00
Téléphone récepteur serre-tête	10 ,00
Microphone avec grande bobine d'induction	18 ,75
Etc., etc.	

Nous entrerons plus tard dans quelques détails sur le multiple Scribner monocorde que nous avons vu à Berlin. Nous compléterons auparavant nos notes au sujet du réseau proprement dit.

(*A suivre.*) X. SCHAEFFER.

STATIONS TÉLÉPHONIQUES AUTOMATIQUES

Suite (*)

VI

Dans les appareils précédents, le même principe mécanique était toujours appliqué : chaque électro-aimant n'y effectuait qu'un travail unique et ne commandait qu'un seul contact.

Il en résultait dès lors ou bien la nécessité de desservir chaque abonné par des organes spéciaux se répétant pour chacun d'eux, d'où une multiplicité exagérée de ces organes, ou bien l'obligation de faire effectuer *successivement* par un même appareil une série de mises en contact, d'où une perte de temps considérable dans la manœuvre.

L'idée de réserver ainsi une fonction électrique unique à chaque électro-aimant manœuvré à distance n'ayant pas conduit à des résultats satisfaisants, on est amené naturellement à se demander si, en abandonnant résolument la recherche du trop simple, on n'arriverait pas à une solution beaucoup plus pratique.

La première combinaison dans laquelle un mouvement unique d'électro-aimant produit simultanément plusieurs effets électriques est due à M. W. Oester-

(*) Voir les numéros de juillet-août, septembre-octobre et novembre-décembre 1889.

reich. Bien qu'elle n'ait jamais été effectivement réalisée, elle mérite d'être indiquée ici, justement parce qu'elle marque une voie nouvelle, pouvant devenir plus favorable à la réussite.

La station de M. Oesterreich (*fig.* 20) se compose

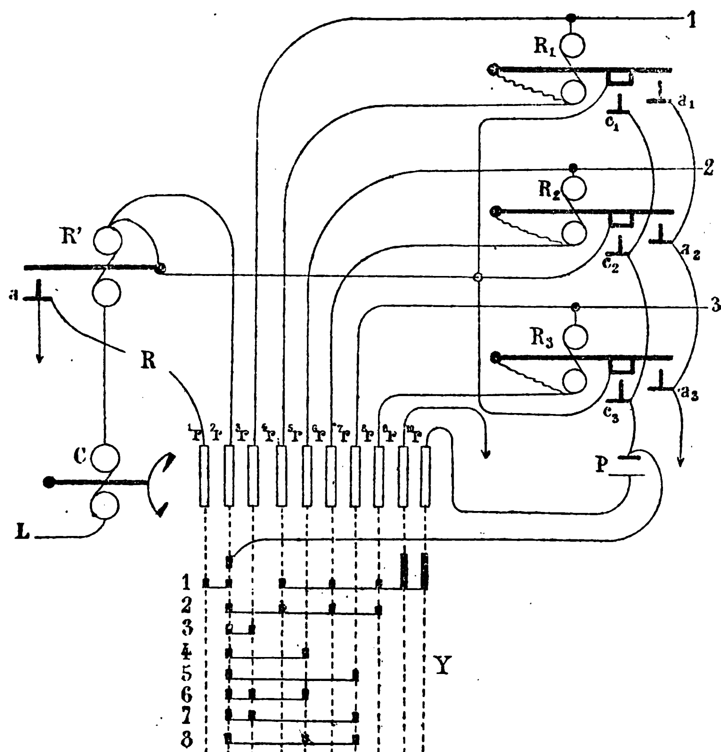


Fig. 20.

essentiellement d'un commutateur spécial commandé par un relai polarisé R' et d'autant de relais R_1, R_2, R_3 qu'il y a d'abonnés desservis. Dans la figure, nous en supposerons trois seulement. Une pile P et une résistance R complètent l'appareil.

Le commutateur consiste en un cylindre mobile autour d'un axe horizontal et portant huit rangées de contacts pouvant se présenter successivement sous des ressorts r_1, r_2..., r_{10}. Pour simplifier la compréhension du système, nous n'avons représenté sur le dessin en Y que le développement de ce cylindre.

Lorsqu'il est dans la position 1 par exemple les ressorts r_1, r_2, d'une part, r_4, r_6, r_8, r_9, r_{10}, d'autre part, communiquent entre eux; dans la position 3, r_2 et r_8 communiquent seuls, etc.

C'est la station centrale qui, en envoyant des courants de sens convenable dans le relai R', fait tourner dans un sens où l'autre, le commutateur cylindrique et l'amène à l'une quelconque des positions voulues. Chacune des huit positions de celui-ci correspond à l'une des combinaisons demandées par la station centrale : position d'appel par un quelconque des abonnés, position de conversation de chacun des trois abonnés avec la station centrale, conversation de deux quelconques des trois abonnés entre eux ou des trois simultanément.

Supposons, par exemple, le commutateur dans la position 1 qui est la position de l'appel par les abonnés : si l'abonné 3 veut appeler la station centrale, le courant qu'il envoie passe par le relai R_3 et se rend à la terre pas les ressorts r_8 et r_9. Ce relai fonctionne.

Aussitôt, le passage du courant d'appel à la terre se fait par le contact a_3, en même temps que le courant de la pile locale P est envoyé par c_3, R', G_1, à la ligne L et se rend à la station centrale. Ce courant est du reste de sens tel qu'il ne peut actionner R', et d'intensité assez faible pour ne point faire fonctionner G.

En envoyant un courant d'intensité suffisante dans

le relai c, la station centrale amène le commutateur dans la position 2 : on verrait alors sans difficulté que tous les abonnés et la station centrale peuvent causer entre eux.

Il est du reste inutile d'entrer dans un plus long détail. L'appareil n'est pas utilisable, croyons-nous, au moins sous la forme qui précède. Mais il était intéressant de remarquer ce qui en fait la très nouvelle originalité. Avec un seul mouvement d'électro-aimant, la série des commutations nécessaires à l'obtention du but cherché est réalisée d'un seul coup. Le tout est donc de faire un choix judicieux de ces commutations, de les réduire dans la mesure du possible et de constituer la station automatique à l'aide de commutateurs mis dans la position voulue par une seule émission de courant.

C'est dans cette voie que M. Sieur a dirigé ses recherches. Il est arrivé à une série de solutions très générales qu'il est intéressant d'étudier ici avec quelque détail.

Le premier type de station automatique qu'il ait proposé est une station pouvant desservir quatre abonnés dans un réseau à fil unique. Nous allons en donner ici une description complète, les organes principaux qui la composent se trouvant reproduits dans les autres types de stations dus à M. Sieur.

Cette station automatique comporte essentiellement trois catégories d'appareils distincts (*fig.* 27) :

1° Les électro-commutateurs polarisés E_1, E_2, E_3, E_4 ;

2° Les électro-aiguilleurs B_1, B_2, commandés par un relai polarisé spécial R ;

3° Les électro-accrocheurs A_1, A_2, A_3, A_4.

Les électro-commutateurs polarisés sont constitués

par un aimant NS mobile autour de son axe o, o' (*fig.* 21 et 22) pouvant osciller entre les épanouissements polaires GG′ des noyaux d'un électro-aimant EE′.

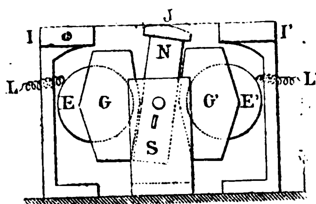


Fig. 21.

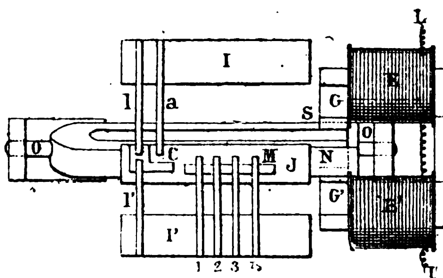


Fig. 22.

Sur la partie supérieure de l'aimant NS est fixée une baguette d'ébonite ou tout autre matière isolante, dans laquelle sont incrustés des contacts métalliques C, M. A gauche et à droite de ce même aimant, sont placées deux tablettes isolantes supportant des ressorts frotteurs : suivant le sens du courant envoyé dans l'électro-aimant EE′ et par suite suivant la position de l'aimant NS, les contacts C et M viennent ou non se placer sous les ressorts de I ou de I′ pour établir les communications désirées.

Le rôle de ces électro-commutateurs est de permettre la mise en communication d'un abonné avec la station centrale, en même temps que tous les autres abonnés sont placés dans l'impossibilité de pouvoir troubler cette communication.

L'électro-aiguilleur consiste en un cylindre I de matière isolante (*fig.* 23 et 24) sur lequel sont incrustés des contacts métalliques b_1 b_2, etc., glissant, comme dans les électro-commutateurs, sous des ressorts de contact que supportent deux tablettes isolantes placées de part

et d'autre de ce cylindre. L'axe du cylindre *o* porte en outre à l'une de ses extrémités une ancre D ayant deux

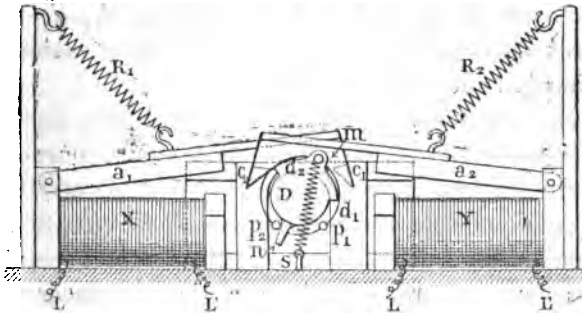


Fig. 23.

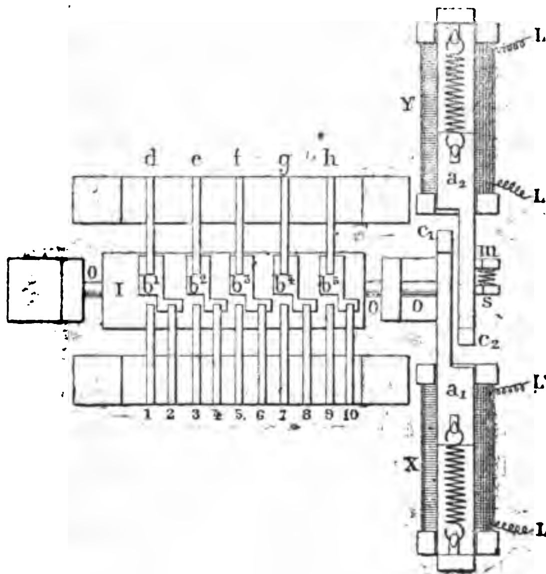


Fig. 24.

dents d_1 et d_2 et terminée à sa partie inférieure par un doigt *n*. La partie supérieure de cette ancre supporte

une goupille m à laquelle est accrochée l'extrémité d'un ressort à boudin dont l'autre bout est fixé à un crochet s. De chaque côté de l'ancre sont deux électro-aimants X et Y dont les armatures d_1, d_2 sont armées chacune d'un cliquet c_1, c_2 à leur extrémité voisine de l'ancre.

Dans la position représentée sur le dessin, l'action du ressort r sur la goupille m tend à faire tourner le cylindre de gauche à droite. Un butoir p_2 arrête le doigt n et empêche cette rotation de s'effectuer. Si l'on fait passer un courant dans l'électro-aimant X, celui-ci attire son armature et le cliquet c_1 vient se placer sous la dent d_1 de l'ancre. Lorsque le courant cesse, le ressort antagoniste R_1 relève vivement l'armature a_1 : le cliquet agissant sur la dent de l'ancre fait basculer celle-ci en même temps que le cylindre, de droite à gauche et le doigt n vient buter contre p_1. Les communications métalliques établies entre les ressorts de contact et les contacts métalliques du cylindre ont donc changé. Semblablement, un courant envoyé dans l'électro-aimant Y ramènerait le cylindre à sa position primitive.

L'aiguilleur est par suite une sorte d'électro-commutateur comme le précédent, mais il est commandé par deux électro-aimants différents au lieu d'un seul, et son jeu ne s'effectue qu'au moment même où le courant cesse d'être envoyé. Cette dernière disposition est des plus ingénieuses, en ce sens que quelle que soit la durée d'émission du courant dans l'un des électro-aimants X ou Y, l'effet se produit toujours sûrement et dans les mêmes conditions.

Le rôle de l'aiguilleur B_1 (*fig.* 27) consiste à permettre à la station centrale d'envoyer son courant d'appel chez l'un ou l'autre des quatre abonnés.

L'aiguilleur B_2 (*fig.* 27) permet en outre de mettre les lignes des abonnés soit dans la position ordinaire, soit dans la position voulue pour établir une communication directe entre deux d'entre elles.

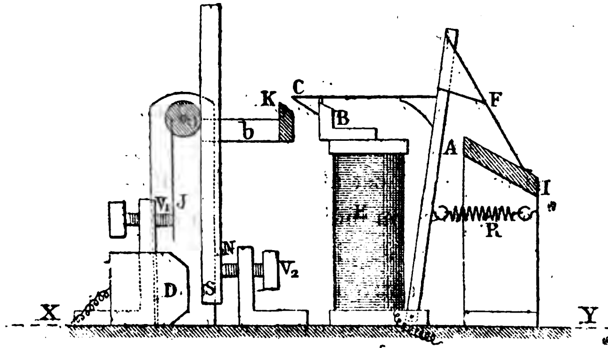


Fig. 25.

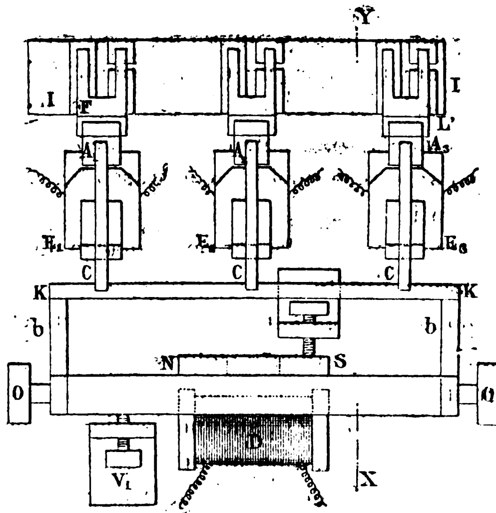


Fig. 26.

Les électro-accrocheurs sont formés à l'aide d'électros-aimants ordinaires, droits, E_1, E_2, E_3 (*fig.* 25 et 26).

La bobine qui sert à les constituer a son noyau et ses joues en fer. Sur l'une de ces joues est articulée une armature A également en fer. Cette armature porte à sa partie supérieure et en avant, des ressorts frottant sur des contacts établis sur une tablette, et en arrière un ressort terminé par un cliquet C.

Derrière les différents électro-aimants E_1, E_2, E_3,etc., une came KK est mobile autour d'un axe *o* en même temps qu'un aimant NS.

A l'état ordinaire, cet aimant et la came sont maintenus dans la position indiquée sur la *fig*. 25, grâce au ressort antagoniste J. Si un courant passe dans l'un quelconque des électro-aimants, E par exemple, l'armature de celui-ci est attirée. Le ressort F change de contact sur la planchette I et le cliquet C vient s'engager dans la came K. Tout reste ensuite dans cette nouvelle position jusqu'à ce qu'un courant de sens convenable envoyé dans un électro-aimant spécial D qui joue le rôle de décrocheur, provoque le mouvement de l'aimant NS. La came K abandonne alors le cliquet et l'armature obéissant au ressort R revient à sa position primitive.

Les électro-accrocheurs ont pour charge d'établir la communication directe.

Ces notions données sur les organes constitutifs de la station, on peut se rendre compte assez aisément de son fonctionnement.

A l'état normal (*fig*. 27), aucune des lignes des abonnés desservis par la station automatique ne communique avec la ligne principale, mais chacune d'elles l_1, l_2, l_3, l_4 possède une dérivation à la terre à travers l'électro-commutateur qui lui correspond E_1, E_2, E_3, E_4.

Comme on peut s'en rendre compte sur la *fig*. 27, la

Ligne principale

Impairs

Pairs

Appel

Réponse

Réception

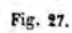


Fig. 27.

ṫion centrale possède, outre deux boutons d'appels t D, deux commutateurs à manette A et B.

Le premier A peut passer d'un butoir marqué *appel* n butoir CD (communication directe) et ainsi que diquent les lettres, doit être placé sur appel ou sur , suivant ou non qu'il s'agit d'appeler et de communiquer à la façon ordinaire avec un des abonnés sservis par la station, ou bien d'établir entre deux ceux-ci une communication directe.

L'autre commutateur B se place sur le butoir *r* (marqé *pairs*) ou sur le butoir *r'* (marqué impairs), suivant e l'on communique avec les abonnés 1, 3 ou 2, 4.

Les deux boutons d'appel C et D portent également acun la mention 1, 2 ou 3, 4 : on se sert de l'un ou l'autre suivant qu'il s'agit d'appeler l'abonné 1 ou , ou bien l'abonné 3 ou 4; le bouton C sert toujours n cas de réponse à un appel.

Supposons que la station centrale veuille appeler abonné 4, par exemple. La téléphoniste doit placer la anette A sur appel et la manette B sur le contact *r* arqué « pairs ». Si l'on imagine que les organes oient dans la position primitive indiquée sur le dessin, suffira de manœuvrer la manette B, de gauche à roite, pour obtenir ce résultat.

Dans ce mouvement, au moment où la manette du ommutateur B appuie sur le contact *p*, un courant égatif, dont nous représenterons conventionnellement a valeur de l'intensité par 1, est envoyé sur la ligne rincipale. Ce courant passe successivement par le rotteur L, le contact C et le frotteur L' de tous les électro-commutateurs polarisés; il traverse ensuite un relai R et se perd à la terre.

Le relai R est un relai polarisé à quatre armatures,

chacune de ces armatures étant réglée de manière à pouvoir être attirée par un courant de sens et d'intensité déterminés.

Sous l'action du courant négatif d'intensité 1 que nous supposons envoyé, l'armature marquée — 1 fonctionne seule. Aussitôt que celle-ci est sur son contact z et tout le temps qu'elle y demeure, un courant négatif est envoyé par une pile locale dans l'électro-aimant X_1 de l'aiguilleur B_1 à travers l'armature — 2, son contact de repos, l'armature — 1, son butoir de travail 2, et les frotteurs x_1, z_1 de l'aiguilleur B_1.

Par suite, dès la cessation de l'envoi de ce courant, l'aiguilleur fonctionne et met en communication z_1, a, b avec les ressorts y_1, 2, et 4.

Après avoir manœuvré la manette, opération qui a amené l'effet qui précède, la téléphoniste du poste central appuie ensuite sur le bouton d'appel 3, 4.

Un courant négatif d'intensité 2 parvient alors au relai R en passant encore par la ligne principale, et les contacts L, L', de tous les électro-commutateurs. Les armatures — 2 et — 1 sont cette fois attirées l'une et l'autre. L'armature — 1 n'étant plus en rapport avec la pile locale demeure sans action. L'armature — 2 s'appuie contre le butoir b. Le courant de la pile locale suit par suite le chemin suivant : l'armature — 2, le butoir b, les ressorts b et 4 de l'aiguilleur B_1, les ressorts K et 7 de l'aiguilleur B_2. Puis une partie en est dérivée à travers l'électro-aimant E_4 vers la terre : cet électro-aimant reste dans sa position, le sens du courant étant choisi de manière à la confirmer; l'autre partie passe par les ressorts e_4, f_4, de l'accrocheur A_4 et parvient au poste de l'abonné pour le sonner.

La station centrale a bien appelé l'abonné 4.

Pour répondre, l'abonné 4 appuie sur le bouton d'appel de son appareil, comme d'ordinaire; le courant qu'il envoie ainsi est un courant positif. Il vient d'abord se perdre à la terre en passant par la ligne l_4, les contacts e_4 et f_4 et l'électro-aimant E_4. Cette fois, le courant étant positif, l'électro-commutateur fonctionne; dès lors, tout le jeu des communications se trouve changé.

La ligne l_4 de l'abonné est reliée à la ligne principale par le ressort L″, le contact e, le ressort L′, de l'électro-commutateur E_4, puis les ressorts L′, L des trois autres électro-commutateurs.

Les trois autres lignes l_1, l_2, l_3 sont mises à la terre par les ressorts 1, 2, 3, le contact M et le ressort t' de l'électro-commutateur E_4.

Le courant de l'abonné 4 va librement actionner la sonnerie de la station centrale.

Si un quelconque des trois autres abonnés 1, 2 ou 3 désirait appeler pendant ce temps, il ne pourrait y parvenir, grâce à la mise en court circuit de son électro-commutateur. Cet effet se produira d'ailleurs tant que l'abonné 4 sonnera ou causera avec la statiön centrale.

Nous avons dit que, dans une bonne station automatique, tout abonné devait être averti de l'occupation de la ligne. M. Sieur y parvient, dans ce cas, par un artifice ingénieux. Chaque appareil téléphonique est pourvu d'un vibrateur dont l'électro-aimant à gros fil est intercalé sur le circuit de la pile d'appel. Si la ligne principale est occupée et qu'on veuille appeler, la ligne d'abonné étant mise en court circuit comme on l'a dit plus haut, l'intensité du courant est suffisante pour faire fonctionner le vibrateur. Si la ligne princi-

pale est libre, le courant d'appel peut passer dans l'électro-aimant de l'électro-commutateur, la résistance de la ligne d'abonné est plus considérable et le vibrateur ne fonctionne pas.

Comme on vient de le voir, toute mise en relation d'un des quatre abonnés avec la station centrale et par suite toute conversation exigent le déplacement de l'électro-commutateur correspondant à cet abonné. Il est donc nécessaire de ramener cet appareil à la position d'attente quand la communication est terminée.

On peut évidemment demander ce soin à l'abonné ou à la station centrale en les obligeant à envoyer sur la ligne un courant de sens convenable. On sait pourtant combien un oubli est facile et quelles difficultés l'on rencontre pour obtenir simplement, dans des conditions analogues, le signal de fin de conversation. Aussi est-il naturel de chercher ici à rendre automatique l'envoi de ce courant redresseur; le supposant automatique, il n'y a plus d'inconvénient à confier cet office à l'abonné lui-même, plus rapproché de la station, et à en profiter du même coup pour obtenir le signal de fin de conversation.

M. Sieur introduit une modification dans le poste téléphonique, afin de réaliser ce résultat.

AB étant le crochet mobile auquel s'accroche un des téléphones et qui sert habituellement de commutateur, un levier GHI est placé en regard (*fig.* 28). Ce levier est muni en H d'un ressort terminé à sa partie supérieure par un cliquet *c* et porte à son autre extrémité trois frotteurs F_1, F_2, F_3 glissant sur des contacts métalliques.

Lorsqu'on décroche le téléphone, le levier AB du commutateur obéit à l'action de son ressort K_1 jus-

qu'à ce qu'il soit arrêté par le butoir Y, et l'extrémité B vient se placer au-dessous du cliquet *c*. Au moment où, la conversation finie, on replace le téléphone, l'ex-

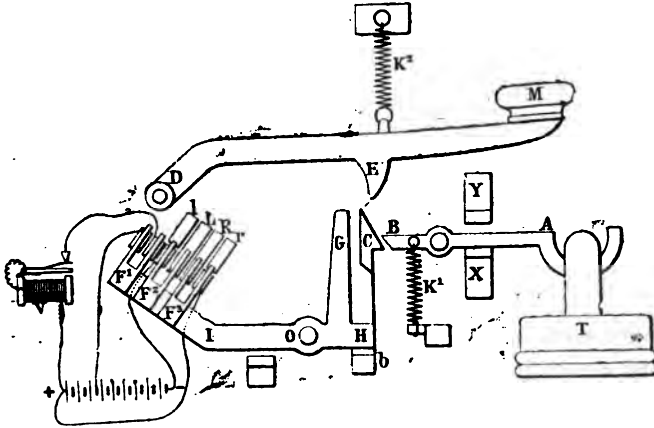


Fig. 28.

trémité A du commutateur revient au butoir Y, mais l'extrémité B soulève le cliquet et détermine une rotation du levier IGH autour de son axe *o*. Les trois frotteurs viennent reposer sur les contacts métalliques inférieurs et établissent alors les communications suivantes.

Le frotteur F_3 met à la terre en R l'un des pôles de la pile de rappel, F_2 relie l'autre pôle à la ligne L. Par suite, un courant est envoyé sur la ligne. Ce courant agit sur l'annonciateur du poste central en même temps que sur l'électro-commutateur à redresser. Puis, dès que l'aimant de celui-ci a commencé à se déplacer, la ligne principale cesse d'être reliée à la ligne de l'abonné, et tout revient à l'état. Grâce à

l'inertie de l'aimant, les deux effets — déclenchement de l'annonciateur, et rappel de l'électro-commutateur — s'opèrent successivement sans aucune difficulté. Enfin le frotteur F_1 ferme le circuit d'une partie de la pile sur un trembleur dont le bruit continu incommoderait l'opérateur s'il n'avait le moyen de le faire cesser. Il y parvient en appuyant à refus sur le bouton M d'un autre levier DEM qui s'abaisse. Le levier dégage d'abord le cliquet *c* à l'aide d'une dent E, puis rencontrant le bras G, fait pivoter de nouveau le levier IHG autour du point *o* et ramène les choses à l'état initial.

De cette manière, le courant redresseur est toujours envoyé automatiquement ; la sonnerie du trembleur avertit l'abonné d'avoir à cesser cet envoi.

Nous avons vu comment, dans la station de M. Sieur, s'effectue la mise en relation de la station centrale avec l'un des quatre abonnés desservis par la station automatique. Il reste à examiner comment, au moyen du même appareil, on peut obtenir l'établissement, par la station centrale, d'une communication directe entre deux quelconques de ces 4 abonnés.

Disons immédiatement que la solution fournie est plus complète qu'on ne le demande généralement dans l'énumération des conditions à réaliser pour une bonne station automatique. Ici, en effet, une fois que les deux abonnés en question, par exemple 1 et 3, sont mis en communication directe, la ligne principale redevient libre, et les abonnés 2 et 4 peuvent causer encore avec le reste du réseau.

Voici comment on opère :

L'abonné 1 appelle comme à l'ordinaire le poste central (*fig.* 27) ; il envoie ainsi un courant positif qui, fai-

sant fonctionner l'électro-commutateur E_1, met la ligne l_1 en communication avec la ligne principale, en même temps que les trois autres lignes des abonnés sont reliées à la terre.

La station centrale étant appelée, appuie sur le bouton 1,2 qui est aussi marqué « réponse ». Le courant envoyé par cette manœuvre sur la ligne principale confirme dans sa position l'électro-commutateur E_1 et sonne l'abonné 1. L'abonné 1 se nomme, demande la communication directe avec l'abonné 3, par exemple, puis raccroche son téléphone, attendant pour le reprendre qu'un coup de sonnerie vienne l'avertir qu'il peut communiquer. On a vu plus haut que, par le fait même qu'il remet en place son téléphone, l'électro-commutateur E_1 est rétabli dans sa position de repos, en même temps que la ligne principale communique de nouveau avec le relai R.

Le poste central met d'abord la ligne l_1 sur le fil *d* (fil de communication directe) de la station automatique. Pour cela, il ramène le commutateur B sur le butoir *r* marqué « impairs », et le commutateur A sur le butoir CD (communication directe). Si nous supposons que les commutateurs aient été primitivement dans les positions marquées sur la *fig.* 27, il suffira de toucher au commutateur A. Celui-ci, en passant sur le butoir *p*, envoie un courant positif d'intensité 1 dans le relai R. Aussitôt l'armature + 1 du relai dirige le courant de la pile locale dans l'électro-aimant X_2 de l'aiguilleur B_2. Celui-ci fonctionne à la cessation de passage du courant et fait communiquer les frotteurs z_2 *g h*, J, K, respectivement avec les frotteurs y_2, 2, 4, 6, 8. Puis, appuyant sur la clef *c*, le poste central envoie un courant positif d'intensité 2 dans le relai R.

L'armature + 2 de celui-ci fonctionne, et le courant de la pile locale, passant par le contact *a*, le frotteur 1 de B_1, le contact *g* et le contact 2 de B_2, arrive dans l'électro-accrocheur A_1 dont l'armature est attirée et s'accroche comme on l'a indiqué plus haut. Le frotteur r_1 relie alors f_1 à d_1, c'est-à-dire la ligne l_1 au fil *d*.

La station centrale appelle ensuite l'abonné 3.

Pour cela, elle se remet sur appel en ramenant le commutateur A, ce qui rétablit dans la station automatique l'aiguilleur B_2 dans la position représentée sur la *fig.* 27. Elle appuie ensuite sur la clef D correspondant à l'abonné 3. L'appel parvient à l'abonné de la manière expliquée déjà, mais cette fois la station centrale n'attend point la réponse de l'abonné 3. Elle remet immédiatement le commutateur A sur CD, ce qui a pour effet de replacer l'aiguilleur B_2 dans la position inverse de celle qu'indique le dessin et appuie encore sur la clef D. L'armature — 2 du relai R fonctionne et provoque l'envoi du courant de la pile locale dans l'accrocheur A_3. La ligne l_3 est aussitôt reliée au fil *d;* de cette façon, l'abonné répondant à la station centrale qui vient de l'appeler, envoie un courant positif qui, dérivé dans le décrocheur D, n'y produit point d'effet à cause du sens, mais va actionner la sonnerie de l'abonné 1, sans que la station centrale ait eu besoin de rappeler celui-ci.

Dès ce moment, l'abonné 1 et l'abonné 3 peuvent causer sans que la station centrale ait à s'en occuper. Leur conversation terminée, en raccrochant leurs téléphones, un courant négatif est envoyé sur les lignes 1, 3 et le fil *d*. Il passe en sens convenable dans le décrocheur D qui fonctionne et permet aux armatures

A_1 et A_2 de revenir à la position normale. La station automatique revient au repos.

Tel est le premier type de station automatique dû à M. Sieur.

Il est construit pour 4 abonnés seulement. En supprimant les électro-accrocheurs et la possibilité de mise en communication directe, cette station pourrait desservir 8 abonnés.

En fait, le système repose sur les combinaisons de communication qui peuvent être obtenues à l'aide de la manœuvre à distance de 2 aiguilleurs. En supposant qu'on ajoute un nouvel aiguilleur B_3 à la suite de B_2, les fils partant des frotteurs 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 de B_2 trouveraient dans celui-ci chacun deux voies correspondant à ses deux positions possibles : on pourrait donc desservir à volonté 14 abonnés ou 7, suivant qu'on conserverait ou non la possibilité de mise en communication directe.

Théoriquement, en augmentant le nombre des aiguilleurs, on peut donc parvenir à desservir un nombre très considérable d'abonnés. Ce serait évidemment aux dépens de la simplicité et de la commodité des manœuvres.

Telle quelle, cette première solution est satisfaisante. Le plus grave reproche à faire réside dans la multiplicité des mouvements nécessaires à l'établissement d'une communication simple ou directe. C'est une opération certainement complexe, puisqu'en particulier, dans le second cas, elle peut exiger le jeu réitéré des quatre manettes ou clefs d'appel installées à la station centrale.

Il était désirable de tourner la difficulté en rendant pour ainsi dire automatique la formation successive de

ces signaux, ou, dans tous les cas, en la faisant plus claire et plus simple pour l'employé qui, généralement pressé, risque de commettre des erreurs.

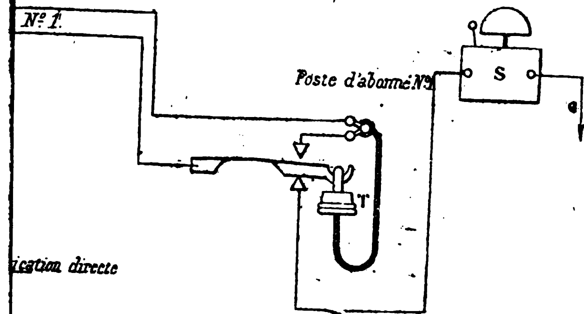
Le problème se simplifie singulièrement si l'on a à sa disposition une ligne à double fil, ce qui est le cas le plus fréquent. En effet, en plaçant aux extrémités de chacune des deux lignes d'aller et de retour deux relais polarisés à quatre armatures, on conçoit que l'on ait ainsi un moyen d'actionner immédiatement, à l'aide d'un seul mouvement de clef, l'un quelconque des huit électro-aimants. Parmi ces huit électro-aimants, quatre peuvent être des électro-commutateurs et quatre autres des accrocheurs. On a donc de nouveau la station automatique précédente, mais cette fois sans aiguilleurs, et chaque effet s'obtenant instantanément à l'aide d'une seule émission de courant.

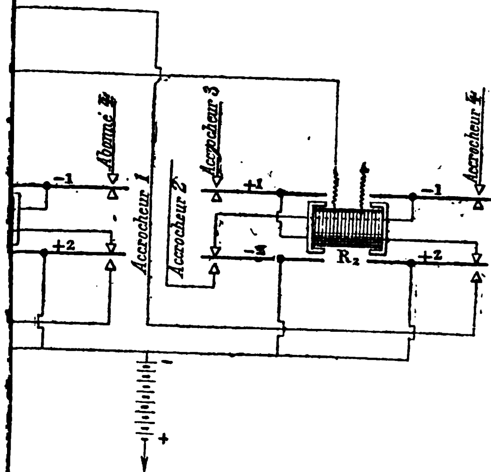
Cette station a été réalisée par M. Sieur et fonctionne actuellement. On en a représenté les communications (*fig*. 29).

Elle est encore destinée à desservir quatre abonnés, mais on n'a marqué sur le dessin qu'un seul électro-commutateur E_1 et qu'un seul accrocheur A_1.

Dans cette station, l'appel des abonnés se fait par un seul fil. C'est ainsi que dans le poste d'abonné représenté on voit que le téléphone étant au repos, une des lignes communique avec la sonnerie et la terre, l'autre est isolée. Dès que le commutateur est levé, le circuit téléphonique se ferme sur les deux fils et la terre est supprimée.

Ceci posé, les deux fils de la ligne principale aboutissent aux ressorts L_1 et L_2 du premier électro-commutateur; celui-ci étant supposé au repos ainsi que les trois autres, une communication métallique est


Nº 1
Poste d'abonné Nº1
S
T
ication directe
ation directe


Abonné 4
Accrocheur 1
Accrocheur 2
Accrocheur 3
Accrocheur 4
-1
+2
+1
-2
R2



établie respectivement entre ces ressorts et les ressorts suivants L'_1, L'_2; il en est de même pour les autres ressorts, L_1 L'_1, L_2 L'_2. Les relais à quatre armatures R_1 et R_2 sont donc reliés chacun à l'une des lignes principales.

On a désigné chacune des armatures, comme précédemment, par un chiffre indiquant le sens et l'intensité relative du courant qui le fait agir.

Le relai R_1 sert à l'appel des abonnés; le relai R_2 à leur mise en communication directe.

Au poste central on a huit clefs; quatre sont embrochées sur la ligne L_1 et envoient des courants divers dans le relai R_1 : ce sont les clefs d'appel proprement dites. Quatre autres sont embrochées sur la ligne L_2 et envoient d'autres courants dans le relai R_2 : ce sont les clefs de communication directe.

Supposons que le poste central veuille appeler l'abonné 3. Il appuie sur la troisième clef d'appel. Un courant positif d'intensité 1 est envoyé sur le fil 1 : ce courant passe successivement par tous les ressorts L_1 L'_1 des électro-commutateurs et arrive au relai R_1 qu'il fait fonctionner; le courant d'une pile locale est alors dirigé à travers l'armature + 1 attirée sur le fil 1 de l'abonné 3 et va faire fonctionner sa sonnerie.

Pour répondre, l'abonné met en communication le fil 1 de sa ligne avec le poste positif d'une pile, et le fil 2 avec le pôle négatif. Ce courant passe d'abord dans l'électro-commutateur correspondant qui oscille de droite à gauche. La communication entre les lignes principales et les relais R_1 et R_2 est aussitôt rompue, les lignes de l'abonné appelant sont en relation avec les lignes principales, les lignes des autres abonnés

sont mises en court circuit. Rien n'est différent comme fonctionnement de ce que nous avons vu dans la station précédente.

Lorsque l'abonné a cessé de communiquer et accroche son téléphone, le redressement de l'électro-commutateur et le signal de fin de conversation sont également effectués automatiquement.

Supposons enfin que le poste central veuille mettre l'abonné 2 en communication directe. Il suffit d'appuyer sur la clef 2 de communication directe. Un courant négatif d'intensité 2 est envoyé sur la ligne principale L_2 et traverse le relai R_2 : aussitôt le courant de la pile locale parvient à l'accrocheur A_2, et la liaison est faite entre les deux fils de communication directe et les deux fils de ligne de l'abonné.

Il y a lieu de remarquer immédiatement combien les manœuvres se sont simplifiées grâce à l'affectation d'une clef spéciale à chaque opération et à la suppression des aiguilleurs. Au point de vue théorique, rien n'empêcherait encore d'introduire ces derniers. On aurait ainsi un accroissement facultatif du nombre des abonnés desservis : ce serait, en revanche, au détriment de la grande simplicité atteinte.

Mais il y a mieux : nous venons de voir qu'avec 2 relais à 4 armatures, on pouvait obtenir 8 effets distincts. En réalité, le nombre est beaucoup plus considérable, puisque rien n'empêche d'utiliser le fonctionnement *simultané* de deux armatures quelconques de ces deux relais pour obtenir un nouveau signal. On a dès lors, non plus 8 effets, mais 24. En appliquant ce principe au cas où l'on n'a besoin que de huit effets seulement (cas d'une station automatique pour 4 abonnés), il n'est plus dès lors nécessaire d'employer deux

relais à 4 armatures, mais simplement deux relais polarisés à deux armatures.

Les combinaisons d'émissions à réaliser sur les fils de la ligne principale sont dans ce cas les suivantes :

Systèmes n^os^.	1	2	3	4	5	6	7	8
Fil 1.	—	+	+	»	—	—	—	»
Fil 2.	—	»	+	+	»	—	+	—

Supposons que l'abaissement de chacune des 8 clefs du poste central corresponde à l'une de ces combinaisons d'émissions. Il ne restera plus qu'à agencer les communications à l'extrémité des fils, de manière que chacune de ces combinaisons provoque l'envoi du courant d'une pile locale dans un électro-aimant déterminé.

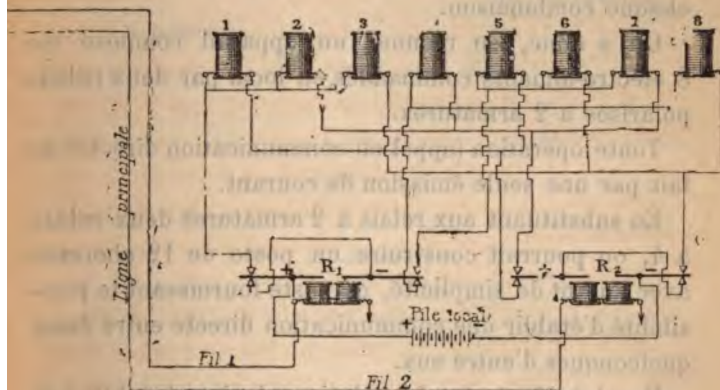


Fig. 30.

La *fig.* 30 donne une idée de la manière dont M. Sieur a réalisé ce problème. Les bobines 1, 2, 3... 8 représentent les électro-aimants en question (accrocheurs ou électro-commutateurs), R_1 et R les deux relais polarisés à double armature

Supposons qu'on envoie par exemple un courant positif sur le fil 1 et un courant négatif sur le fil 2. L'armature + du relai R_1 et l'armature — du relai R_2 sont attirées. Le courant de la pile locale arrive alors par l'armature + de R_1, et son contact supérieur à l'entrée des trois électro-aimants 1, 2 et 3. Par l'électro-aimant 1, il ne trouve pas d'issue, puisque l'autre extrémité en est isolée au contact inférieur de l'armature — du relai R_2. Le courant ne passe pas non plus dans l'électro-aimant 2 dont la sortie est isolée au contact supérieur de l'armature + du relai R_2. Mais il passe dans l'électro-aimant 3 et revient au pôle négatif de la pile par le contact — de l'armature du relai R_2, et par cette armature qui est attirée.

On vérifiera aisément qu'il en est de même pour chaque combinaison.

On a donc, en résumé, un appareil composé de 8 électro-aimants commandés en local par deux relais polarisés à 2 armatures.

Toute opération (appel ou communication directe) se fait par une seule émission de courant.

En substituant aux relais à 2 armatures deux relais à 4, on pourrait construire un poste de 12 abonnés avec autant de simplicité, ce poste fournissant la possibilité d'établir une communication directe entre deux quelconques d'entre eux.

Il est évident que la solution ainsi présentée est une solution complète et relativement simple. Elle a le mérite de ne pas limiter le constructeur à un nombre déterminé d'abonnés, sous peine de voir les combinaisons d'appel entièrement détruites. Elle réalise toutes les conditions demandées pour une bonne station, et fournit dans un *minimum de temps* les opéra-

tions réclamées, grâce précisément à ce système consistant à confier à un organe non plus seulement une seule, mais tout un ensemble de fonctions.

Nous avons dit qu'un modèle était actuellement en expérience dans le réseau de Paris et y donnait de bons résultats.

Les seuls inconvénients qui apparaissent dès l'abord dans la station de M. Sieur sont l'élévation du prix et les dangers d'usure que présentent les nombreux contacts, pour peu qu'on agisse avec des piles assez fortes. Lorsque l'appareil aura été construit d'une manière industrielle, on pourra seulement se rendre compte de ce qu'il y a de fondé dans l'un ou l'autre de ces inconvénients.

E. ESTAUNIÉ.

(*A suivre.*)

SUR LA FORCE ÉLECTROMOTRICE

NÉCESSAIRE POUR PRODUIRE UN COURANT D'INTENSITÉ VARIABLE LE LONG D'UN CONDUCTEUR CYLINDRIQUE

(Suite) (*).

Reprenons notre ligne téléphonique en fil de fer pour laquelle

$$\mu = 300; \qquad \omega = 3000; \qquad R = 10^5; \qquad \beta = 9.$$

Donc

$$A = -3{,}6154; \qquad \omega B = +0{,}09775;$$
$$A_1 = -0{,}82585; \quad \omega B_1 = +0{,}58162,$$

et par suite

$$R_1 = 2{,}323\,R; \qquad L_1 = L - 0{,}279\,\mu.$$

Si l'on considère une ligne en fil double à une distance de 2 mètres, nous aurons :

$$L = 27 + \mu = 327.$$

Par suite :

$$L = 243{,}3.$$

La self-induction est donc fortement diminuée, ce qui paraît être un inconvénient quand il s'agit de téléphonie à grande distance, où la self-induction joue un rôle favorable et non pas nuisible comme elle fait sur les lignes courtes. Mais l'altération la plus grande porte sur la résistance, qui est plus que doublée, et c'est là, à ce qu'il nous semble, *la seule raison qui fasse que le fer soit impropre*, *dans l'état actuel de nos connaissances*, *à la téléphonie interurbaine*.

(*) Voir les *Annales télégraphiques* de 1890, p. 232.

En local, en effet, on intercale facilement 30.000 ohms sur un téléphone sans rendre la conversation impossible, mais à la condition formelle que ce soient des résistances de capacité excessivement faible. Dès que l'on s'avise de mettre des condensateurs en dérivation, ou de prendre une ligne réellement existante, cette limite de la résistance est considérablement abaissée et d'autant plus que la capacité par unité de longueur est plus grande, sans que l'on connaisse bien exactement la loi qui lie ces deux grandeurs.

Cherchons quelle serait la longueur de ligne en fil de fer qui, posée dans les mêmes conditions que la ligne téléphonique de Paris-Marseille, lui serait équivalente comme résistance.

La résistance de la ligne de cuivre Paris-Marseille est sensiblement de 2.000 ohms. La résistance kilométrique de la ligne en fil de fer serait de $20 \times 2.323 = 46,46$ ohms.

Donc nous aurions

$$46,46 l = 2000$$

ou

$$l = 43.$$

Ainsi la ligne de Paris-Marseille aurait même résistance au point de vue téléphonique qu'une ligne double en fil de fer de 4 millimètres, longue de 43 kilomètres. Si l'on admet que le paramètre $\frac{L}{CR^2 l^2}$ donne la qualité d'une ligne, la longueur de ligne en fer équivalente à la ligne de cuivre Paris-Marseille serait donnée par l'équation

$$\frac{243,3}{C \times \overline{2,323}^2 10^{10} l^2} = \frac{28}{C \times 10^6}$$

ou

$$l^2 = \frac{2,433}{2,323^2 \times 2800}$$

et par suite $l = 0,01269$ ou $l = 126^{km},9$.

Soit sensiblement 127 kilomètres.

Et cependant nous avons employé dans ces calculs une valeur de la perméabilité magnétique ($\mu = 300$) qui n'a rien d'exagéré étant donné que pour des fils de fer de bonne qualité, ce chiffre peut s'élever jusqu'à 2.500 dans des circonstances particulières d'expérience.

Quel avantage retirerait-on à remplacer le fil de fer de 4 millimètres par du fil de fer de 6 millimètres?

Nous aurions

$$\mu = 300; \quad \omega = 3000; \quad R = \frac{4}{9} 10^5; \quad \beta = 20 \text{ (sensiblement)},$$

et par suite

$$A = +7,264; \qquad \omega B = -14,44;$$
$$A_1 = -0,6096; \qquad \omega B_1 = -3,151.$$

Par conséquent :

$$R_1 = 3,4269 R; \qquad L_1 = -102,82.$$

L'effet des courants alternatifs est donc ici bien plus sensible encore que sur le fil de 4 millimètres.

	Résistance statique par km double.	Résistance effective par km double.
	Ohms.	Ohms.
Fil de 4 millimètres	20	46,46
Fil de 6 millimètres	9	30,84

Il n'y a donc pas grand intérêt à prendre des fils de fer de diamètre croissant, et si l'on veut faire de la téléphonie à grande distance, il n'y a que deux procédés :

Ou bien combiner un système tel que la résistance de la ligne puisse être de beaucoup supérieure à celle admise aujourd'hui. Il ne paraît pas impossible d'arriver à ce résultat au moyen de transformateurs;

Ou bien diminuer cette augmentation de résistance due aux alternances du courant en employant un conducteur creux.

Le conducteur creux se construit très simplement en enroulant des fils en hélice autour d'un toron de chanvre par exemple, ou d'acier revêtu de chanvre. Mais avant de passer à l'étude du conducteur creux, montrons que ces phénomènes ne sont pas particuliers aux fils de fer et aux courants téléphoniques, mais se présentent aussi dans le cas de câbles de cuivre et de courants alternatifs de lumière.

Reprenons notre câble de 1.000 millimètres carrés de section, parcouru par un courant alternatif de fréquence 166.

$$\mu = 1; \qquad \frac{R}{l} = 160; \qquad \beta = \frac{25}{4}.$$

Dans ce cas nous avons

$$A = -1,72; \qquad \omega B = +1,62;$$
$$A_1 = -0,22; \qquad \omega B_1 = +0,73.$$

Par conséquent

$$R_1 = 2,07R \quad \text{et} \quad L_1 = L - 0,22.$$

La résistance du câble de 1.000 millimètres carrés aux courants alternatifs sera donc la même que la résistance à un courant continu d'un câble de 483 millimètres carrés de section.

Si nous prenions des câbles de diamètres différents, nous arriverions au tableau suivant :

Section du câble en millim. car.	Valeur de ρ.	Résistance statique par unité de longueur.	Résistance réelle par unité de longueur (quadrant terrestre).
200	1,250	800	896,00
1000	6.250	160	324,20
1440	9,000	111,11	257,85
3200	20,000	50	171,35

Ainsi, non seulement les courants alternatifs, par ce seul fait qu'ils sont alternatifs, causent une dépense en ligne supérieure à celle que causent les courants continus, mais encore, tandis que pour les courants continus on peut abaisser à peu près autant que l'on veut la résistance des câbles, pour les courants alternatifs, il paraît y avoir une limite que l'on ne peut franchir pratiquement tant que l'on emploie le conducteur plein.

Il nous semble utile de nous arrêter un instant sur la table de Sir William Thomson et les services qu'elle peut rendre.

En premier lieu, nous allons chercher à remplacer cette table par des formules. Le résultat que nous avons énoncé dans notre précédent article s'obtient par des calculs en somme assez compliqués; cela nous a naturellement amené à calculer pour l'usage courant une table, ou, ce qui revient au même, à donner la table qui a été calculée par Sir W. Thomson. Cette table énonce les valeurs de $y = \frac{R_a}{R_c}$ pour des valeurs graduellement croissantes de $x = 2a$. Pour obtenir les valeurs de y correspondant à une valeur de x comprise entre deux valeurs consécutives de la table, on admet qu'il suffit d'interpoler entre les deux valeurs de y données par la table. On a assurément ainsi une précision beaucoup plus considérable que celle qu'exige n'importe quelle application pratique.

Il est néanmoins parfois plus agréable de n'avoir pas à se servir de tables, et pour cela deux moyens existent : ou bien construire la courbe, ou bien exprimer les nombres inscrits dans la table au moyen d'une ou plusieurs formules empiriques, donnant une approximation suffisante. Nous allons examiner successivement ces deux moyens.

La courbe représentative de la table de Sir William Thomson est tracée sur la *fig.* 2. Elle présente très

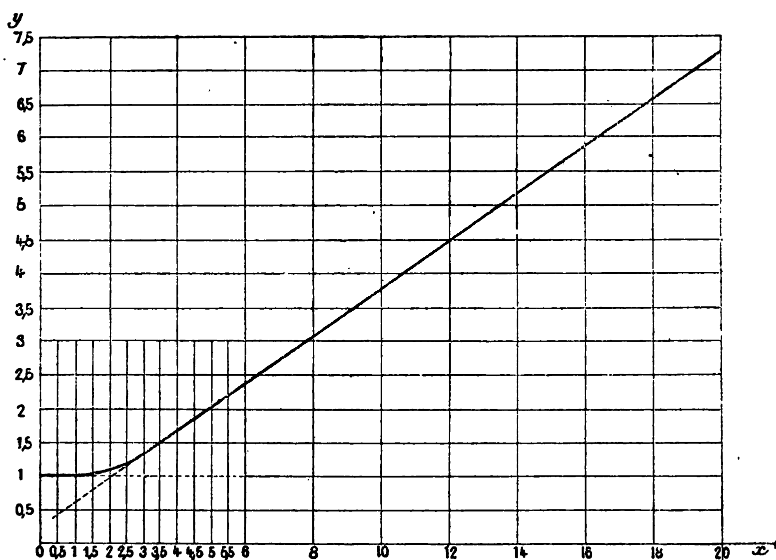


Fig. 2.

approximativement la forme de deux directions rectilignes raccordées par un arc de courbe. Supposons que l'on veuille, au moyen de cette figure, déterminer approximativement la valeur de y pour un courant de 80 périodes par seconde, traversant un câble de 1.000 millimètres carrés de section, soit 10 centimètres carrés.

Nous aurons

$$\frac{\pi x^2}{4} = 10,$$

d'où

$$x = \sqrt{\frac{40}{\pi}} = 3,57.$$

La courbe nous montre immédiatement que nous devons avoir environ $y = 1,55$. — Si nous calculions ce terme par interpolation d'après la table de Thomson, nous devrions dire :

Pour

$$x = 4 \qquad y = 1,6778$$

et pour

$$x = 3,5 \qquad y = 1,4920.$$

Donc pour une variation

$$\delta x = 0,5 \qquad \delta y = 0,1858$$
$$\delta x = 1 \qquad \delta y = 0,3716$$
$$\delta x = 0,07 \qquad \delta y = 0,026012.$$

Enfin à $x = 3,57$ correspond la valeur $y = 1,5180$. L'erreur que nous avions commise en lisant la courbe à vue de nez est donc de $\frac{0.032}{1,5}$, soit 2,1 p. 100.

(*A suivre.*)

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS

(Extrait du Rapport présenté au Congrès international des chemins de fer par MM. E. SARTIAUX, chef du service télégraphique au chemin de fer du Nord, et L. WEISSENBRUCK, Ingénieur au ministère des chemins de fer, postes et télégraphes de Belgique.)

(*Suite*) (*).

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES GARES

III. — Postes mobiles d'éclairage électrique.

Quelques Administrations de chemins de fer se sont préoccupées, dans ces dernières années, d'acquérir des postes mobiles permettant d'établir rapidement, en un endroit déterminé, un éclairage intensif destiné à favoriser l'embarquement des troupes en temps de guerre ou lors de grandes manœuvres. Ces postes peuvent également être très utiles pour les réparations à effectuer rapidement, en cas d'accidents, ainsi que pour les trains de plaisir ou d'excursion, amenant un grand nombre de voyageurs dans des gares ordinairement peu fréquentées.

Le problème a été résolu de diverses manières.

Certaines compagnies françaises ont essayé les lampes lucigènes; celles-ci possèdent l'avantage de coûter très bon marché comme frais de premier éta-

(*) Voir les *Annales télégraphiques*, 1890, p. 58.

blissement, mais elles ont les inconvénients que nous avons signalés plus haut. Tous les efforts tentés pour augmenter la fixité de la flamme ont échoué, les verres employés à cet effet se couvrant rapidement d'une fumée épaisse qui obscurcit la lumière.

On pourrait prendre comme modèle, pour l'une des parties de l'installation, les postes militaires mobiles de projection de lumière électrique que possèdent la plupart des armées européennes, et dont MM. Sautter

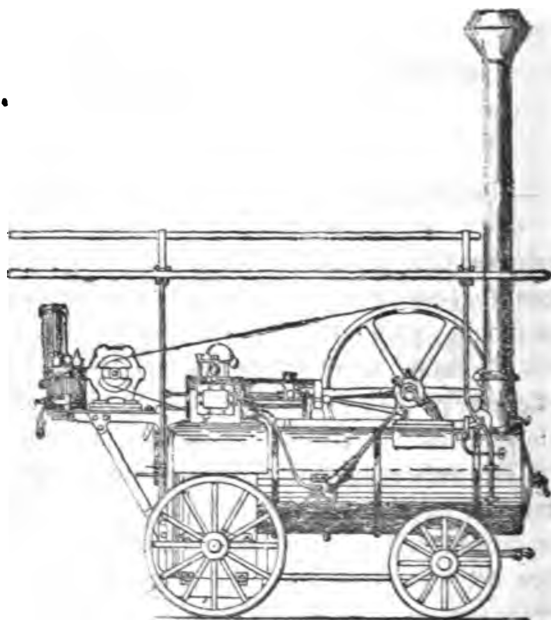


Fig. 11.

et Lemonnier, de Paris, ont construit des types si remarquables (*). Il suffirait de remplacer les lampes

(*) Voir *Les appareils de projection de la lumière électrique en usage dans les armées européennes*, par L. Weissenbruch. Bruxelles, C. Muquardt.

à projection par des régulateurs ordinaires et d'ajouter quelques poteaux démontables pour les supporter.

En Hongrie, l'Administration des chemins de fer de l'État et celle de la Société austro-hongroise privilégiée des chemins de fer de l'État (réseau hongrois) possèdent des postes mobiles complets d'éclairage électrique, et elles nous ont envoyé à ce sujet quelques détails intéressants.

La première de ces administrations nous a communiqué une note de M. Paul Kovacs, décrivant le poste adopté par elle et qui a été construit par la maison Ganz, sur les indications de cet ingénieur. Il a donné, d'après l'Administration de l'État hongrois, d'excellents résultats dans tous les cas où il a été appelé à fonctionner.

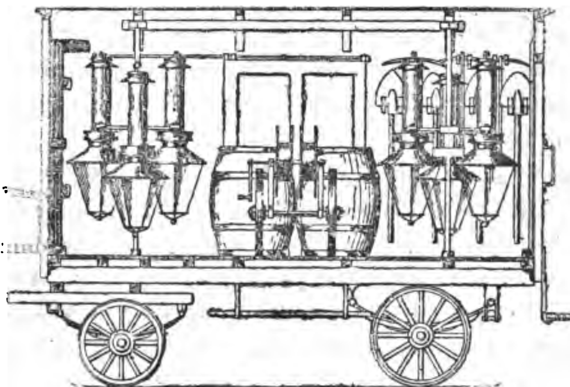


Fig. 12.

Il se compose d'une locomobile de la force de 8 chevaux effectifs portant une dynamo et d'un fourgon qui renferme les lampes, les mâts et tous les accessoires (voir *fig.* 11 et 12).

La dynamo est placée sur une petite plate-forme

supportée par des consoles au-dessus du foyer, afin que le machiniste puisse de son poste en surveiller la marche. Sur la plate-forme de la dynamo se trouve un tendeur de la courroie de transmission et un rhéostat.

La locomobile et la dynamo sont protégées des intempéries par une bâche goudronnée qui se monte en forme de tente.

Avec de la vapeur à 3 1/2 ou 4 atmosphères de pression, on peut facilement alimenter 8 lampes à arc Zipernowsky de 600 bougies. Le poids est de 3.500 kilogrammes, le volant fait 130 tours à la minute et la dynamo à courants alternatifs 700 à 750 tours. La locomobile se charge facilement sur un wagon plat au moyen de poutrelles en ⊔ servant de rampe.

Les lampes sont montées en série. M. P. Kovacs justifie ainsi l'emploi des courants alternatifs :

« 1° La dynamo Ganz, à courants alternatifs, n'a en mouvement que des aimants, de sorte que les réparations les plus difficiles, celles aux bobines induites, sont très rares ;

« 2° Il est inutile d'employer des verres mats avec les lampes à courants alternatifs et elles projettent moins d'ombre, parce que leur lumière a la même intensité dans toutes les directions ;

« 3° La lumière est moins irrégulière, parce que les charbons ne se soudent jamais pendant la marche ;

« 4° L'intensité de la lumière étant la même dans toutes les directions, les lampes sont mieux aperçues de loin, ce qui est avantageux pour les manœuvres militaires ;

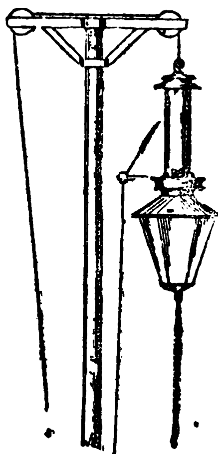
« 5° On peut facilement ajouter, dans le circuit, des lampes à incandescence ;

« 6° La question du prix de revient doit être consi-

dérée comme accessoire pour des installations dont il est surtout essentiel que le fonctionnement soit parfait et dont le nombre est nécessairement très limité, puisqu'elles peuvent être rapidement transportées d'un point à un autre. »

Chaque lampe est pourvue d'un interrupteur automatique, par lequel elle est mise hors du circuit lorsqu'elle ne fonctionne plus pour un motif quelconque.

Les mâts se composent de deux tuyaux à gaz ajustés bout à bout et maintenus dans la verticale au moyen de trois haubans retenus par des piquets en fer (voir *fig.* 13).


Fig. 13.

Les lanternes sont fermées par des verres ordinaires que l'on peut trouver partout.

Le fourgon a une construction analogue à celle des tapissières; on ne le décharge pas du wagon quand l'installation à lumière doit fonctionner dans une gare. Il renferme un tambour double portant 2.000 mètres de fil conducteur, les mâts, quelques poteaux, des outils de terrassier, deux tonneaux pour contenir l'eau d'alimentation, etc. Les lampes à arc sont suspendues à des barres de fer dont l'élasticité est suffisante pour les soustraire aux chocs du roulement de la voiture sans produire de vibrations nuisibles.

Le montage de la machine et de la tente s'exécute en 2 heures. Le restant de l'installation se fait pendant le chauffage de la chaudière, qui dure 1 heure 1/2.

Le coût d'un poste complet s'élève à 25.000 francs (*).

Les frais d'exploitation s'établissent comme suit pour une durée d'éclairage de 10 heures :

	fr.
400 kilogrammes de charbon à 1f,075 les 100 kilogrammes. . .	4,30
2 kilogrammes d'huile de colza à 0f,75 le kilogramme.	1,50
5 mètres de crayons de charbon à 1f,45 le mètre.	7,25
Machiniste	8,75
	21,80

L'installation de la Société autrichienne-hongroise se compose aussi d'une locomobile et d'un fourgon ; la première pèse 6t,32 et le second 3t,30.

La machine horizontale travaille à 8 atmosphères, elle fait 115 tours à la minute et a une force de 12 chevaux.

La dynamo Siemens est à courants continus, elle donne 40 ampères sous 50 volts aux bornes et fait 1.160 tours par minute.

Les lampes Siemens sont au nombre de huit. Le crayon supérieur a 18 millimètres et l'inférieur 11 millimètres de diamètre.

Ces lampes sont construites pour un courant de 9 à 10 ampères sous 45 volts et ont une intensité maxima à 37 degrés sous l'horizontale de 2.000 bougies. On les place dans des lanternes à verres mats sur des poteaux de 7m,50 de hauteur à une distance d'environ 100 mètres. Elles sont reliées par deux en tension. On peut, en outre, allumer 7 lampes à incandescence de 16 bougies. Le prix *total* de l'installation est de 27.500 francs.

Le service de l'installation nécessite un chef de chantier, un mécanicien et un monteur.

D'autres chemins de fer hongrois et autrichiens

(*) On a compté la valeur du florin à 2f,50.

possèdent aussi, de même que plusieurs chemins de fer allemands, des postes mobiles d'éclairage électrique. Nous citerons le chemin de fer Nord Empereur Ferdinand, le chemin de fer nord-ouest autrichien, le chemin de fer Charles-Louis de Galicie, le chemin de fer de l'État autrichien. Toutes ces installations ont été faites par MM. Siemens et Halske, de Berlin. On peut citer aussi le poste mobile du régiment autrichien des chemins de fer construit par M. von Krisik, de Prague (*).

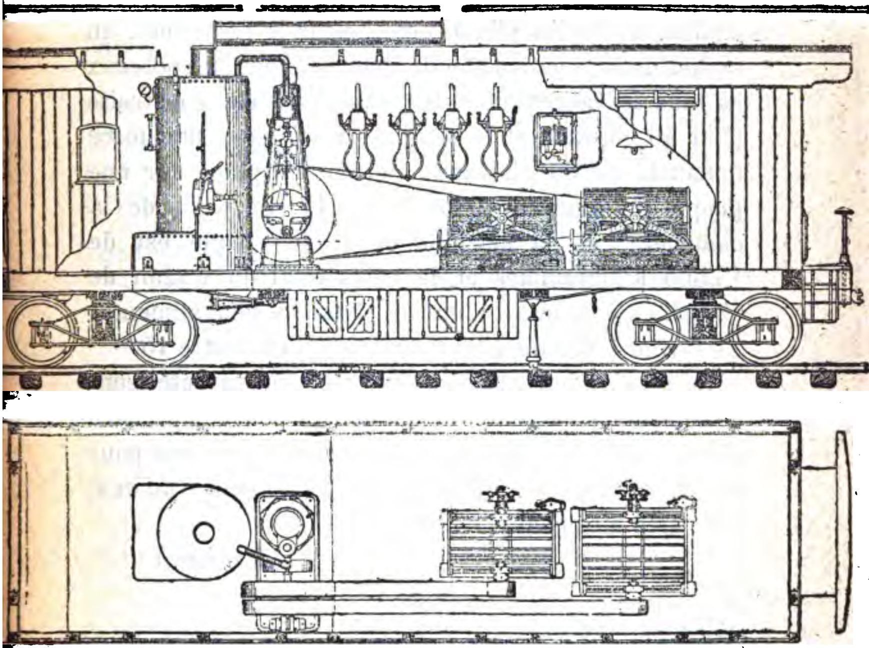


Fig. 14 et 15.

Aux États-Unis, le *Cumberland Valley Railroad* possède aussi une installation mobile qui est destinée

(*) Voir *Wochenschrift des œsterreichischen Ingenieur und Architekten-Vereines*. Juin 1889.

principalement en temps ordinaire à être employée pour les trains de plaisir, mais qui a déjà servi au *Pennsylvania Railroad* pour la réparation des ponts en temps d'inondation, notamment à Montgomery.

L'installation complète est contenue dans un wagon dont elle ne peut être enlevée (voir *fig.* 14 et 15). Ce wagon a 33 pieds de longueur, 9 pieds de largeur et 13 1/2 pieds de hauteur à partir du rail. A l'une des extrémités se trouve la chaudière et le moteur, à l'autre, les dynamos du système Thomson-Houston. Il contient également des lits pliants, etc., pour le personnel, un tender de locomotive pour le charbon, l'eau, les poteaux et tous les accessoires. La chaudière est construite pour 40 chevaux et la machine verticale a une force nominale de 35 chevaux; le tout est placé sur une plaque de fonte de 9 pieds sur 11. Le poids de la chaudière, de la machine et de la plaque est de 15.500 kilogrammes et le poids total du wagon de 53.000 kilogrammes. L'une des dynamos peut alimenter 25 foyers à arc de 2.000 candles (*), et l'autre 15.

En résumé, les exemples qui précèdent caractérisent nettement les différentes façons dont on peut comprendre une installation mobile avec la lumière électrique pour les chemins de fer, et montrent qu'elle peut être réalisée très aisément.

(*A suivre.*)

(*) Bougies anglaises.

CHRONIQUE.

Sur l'état de la téléphonie dans l'Amérique du Nord.

Rapport de M. G. Wabner, Conseiller des Postes à Berlin, lu à la Société électrotechnique de cette ville le 28 janvier 1890.

(Suite) (*).

Il existe, aux États-Unis, 50 sociétés de téléphone: j'ai eu occasion de visiter et d'étudier l'installation et l'exploitation des sociétés énumérées ci-après :

1° *Chesapeake and Potomac Telephone C°* à Washington, dont l'exploitation embrasse les états de Colombie, du Marylan et de la Virginie ;

2° La *Metropolitan Telephone and Telegraph C°*, à New-York;

3° La *New-York and New-Jersey Telephone C°*, dont le siège est à Brooklyn;

4° La *North-Western Telephone C°* dans l'état de Minnesota (Saint-Paul, Minneapolis);

5° La *Chicago Telephone C°;*

6° La *Cleveland Telephone C°;*

7° La *Bell Telephone C°*, de Buffalo;

8° La *New-England Telephone C°*, à Boston et dans les états de la Nouvelle Angleterre;

9° La *Providence Telephone C°;*

10° La *American Telephone and Telegraph C°*.

L'entrée des conducteurs dans les bureaux centraux s'effectue surtout par câbles terrestres du type à 50 fils doubles indiqué par la conférence; j'ai cependant vu à Minneapolis et à Providence des câbles aériens. À Minneapolis, ils sont constitués par des fils d'acier supportés par deux doubles poteaux établis devant les fenêtres du bureau; ces fils sont amenés directement dans la salle d'exploitation au moyen de câbles en okonite traversant les murs. Sur la charpente reliant

(*) Voir les *Annales télégraphiques*, 1890, p. 260.

transversalement les deux poteaux doubles, une passerelle a été fixée; accessible de la fenêtre du bureau, elle facilite les réparations. A Providence, les conduites de rattachement sont amenées partie au moyen de fils de cuivre ou d'acier, partie au moyen de câbles aériens à 50 et 100 fils, à une tour élevée sur le toit de l'édifice. Les conducteurs aériens sont reliés de là aux câbles intérieurs par des fils d'okonite avec gaine de caoutchouc, tandis que les câbles fixés sur l'armature de la tour sont prolongés directement.

Dans le cas plus général d'emploi de câbles souterrains, une galerie maçonnée suffisamment spacieuse relie le regard d'observation, placé devant le bâtiment, aux caves de celui-ci, et le câble, entouré d'un tuyau de plomb est posé dans cette galerie sur des corbeaux le long des parois, soit sur les côtés d'une série de poteaux en chêne fixés dans le sol et dans la voûte et pourvus de crochets, mais toujours de manière à ce que chaque câble soit accessible de tous les côtés. Les câbles sont ainsi posés jusqu'au mur postérieur des caves et remontent de là jusqu'à l'étage convenable par un puits dans lequel ils sont supportés par des gaines en bois dur ou par des colliers en fer fixés dans les parois. Ils pénètrent dans la salle des communications par groupes de quatre au plus. Les piles, les générateurs avec leurs moteurs et tous les appareils nécessaires de secours ou de contrôle se trouvent dans une pièce contiguë.

Pour l'appel, les appareils magnéto-électriques sont employés d'une façon tout à fait générale aussi bien pour les lignes directes que pour celles de jonction. Ils sont également employés sur les longues lignes de la *Long distance C*ᵉ et ont donné de très bons résultats tant au point de vue de l'économie que de la sûreté du fonctionnement, de sorte que l'emploi de la pile pour cet usage a été partout abandonné aux États-Unis depuis 8 à 10 ans. Les dimensions et l'agencement des salles d'exploitations varient naturellement avec le nombre présumé des conducteurs arrivant à la station. Cependant on cherche à placer les commutateurs en ligne droite et sans solution de continuité. Quand il est nécessaire de s'écarter de la ligne droite, les commutateurs sont groupés de façon à ce que les employés se trouvent à l'intérieur du demi-cercle. Ils

sont placés à une distance du mur telle qu'après le montage il reste un espace libre de 2 à 3 pieds (0,60 à 0^m,90).

Les câbles à enveloppe de plomb s'arrêtent dans une salle d'arrivée où ils sont reliés avec le dispositif recommandé par la conférence et qui comporte des fils fusibles ou d'autres appareils, d'agencement très varié, de protection contre la foudre. La *Long distance C°* fait usage dans tous ces établissements du paratonnerre connu en Amérique sous le nom de *Hibbard's Lightning-arrester* qui est une combinaison du paratonnerre à plaque et de circuits fusibles composés de bandes d'étain enroulées et collées sur du papier d'asbeste. L'étain brûle dès que l'intensité du courant atteint 1 ampère.

Des paratonnerres les conducteurs passent dans les câbles intérieurs dont les fils sont câblés par paires et gagnent le tableau de distribution relié aux annonciateurs. Les tableaux de distribution et de croisement diffèrent d'un bureau à l'autre dans leur agencement. A Buffalo et dans quelques autres localités les emplacements des commutateurs et du tableau de distribution sont rendus ininflammables ainsi que les murs et le parquet des salles de communication. Dans les autres localités on prend des précautions analogues, car le grand nombre de câbles paraffinés mis en usage implique un danger sérieux. Toutes les installations de contrôle se trouvent dans la salle de jonction dont la surveillance est confiée à un agent spécial (*chief inspector*). Cet agent dispose sur son bureau d'un appareil téléphonique complet en relation avec l'employé principal (*chief opérator*), avec les commutateurs, avec la salle des piles, etc. Il a souvent aussi à sa disposition un télégraphe Morse ainsi qu'un galvanomètre de contrôle et un pont de Wheatstone (pour la mesure des câbles).

Pour les commutateurs, on s'est arrêté récemment aux circuits métalliques fermés, à cause des troubles sérieux apportés dans l'exploitation des téléphones par les conducteurs aériens pour la lumière et les tramways électriques qui existent même dans les plus petites villes et donnent passage à des courants puissants. Ce mode d'installation a été adopté au bureau de Cortland Street à New-York qui est établi pour 5.000 abonnés; il a été adopté également à Buffalo et à Boston.

Je dois signaler comme innovation *l'emploi d'un accumula-*

teur commun pour tous les microphones d'une station. Cette pratique a été mise à l'essai à New-York pendant une période prolongée et a donné de bons résultats. Deux éléments, chargés par le courant pour l'éclairage, suffisent à assurer le service des microphones pendant 24 heures chacun. Le bureau de la 38e rue est pourvu de 2 batteries de deux éléments dont la charge est réalisée par l'installation pour l'éclairage des salles à l'aide de lampes à incandescence à 100 volts.

Le nombre des lignes par tableau dépend essentiellement du degré d'utilisation de ces lignes. On admet en Amérique qu'un agent peut assurer le service de 100 lignes d'abonnés à la condition de n'avoir à s'occuper que de l'établissement des communications demandées. On voit qu'il y a une différence notable avec la règle de trois employés pour 100 lignes admise en Allemagne. Cette différence est instructive à plusieurs points de vue: elle montre d'abord que les avantages résultant du système multiple se traduisent en Amérique par une économie de personnel, tandis que chez nous ils profitent intégralement aux abonnés. D'un autre côté elle témoigne d'une différence considérable dans l'intensité d'utilisation des appareils téléphoniques dans les deux pays; il serait à peu près impossible à Berlin d'assurer le service de 100 lignes d'abonnés avec un seul employé.

Quand le réseau comporte des bureaux auxiliaires (*Branch offices*), les lignes de jonction sont généralement réunies sur un même tableau de manière à permettre de réaliser rapidement les jonctions demandées. L'agencement des fils d'abonnés sur les tableaux de communications n'offre rien de particulier; les électro-aimants pour l'appel sont établis depuis peu de temps suivant le système à tuyau (*Tubular pattern*) employé au bureau 5 du réseau de Berlin; ils possèdent une résistance élevée et une grande self-induction.

L'avertisseur d'appel sert aussi de signal final; les expériences poursuivies depuis plus de deux ans ont démontré l'inutilité d'un appareil spécial. Dans les bureaux où l'exploitation à fil double n'est pas encore pratiquée, le câble de retour est relié à l'extrémité du câble à la terre et la ligne ne comporte qu'un fil aérien avec tous les inconvénients qu'implique l'exploitation à fil unique.

L'utilisation d'une même ligne par plusieurs abonnés est fréquente en Amérique. Au début on s'était attaché à établir des sonneries particulières (*Individual call bells*) pour chaque abonné, mais il en résultait des complications, causes de dérangements dans le service, de sorte qu'on a renoncé à ce système.

Tous les appels parviennent à l'ensemble des abonnés utilisant la même ligne, mais chaque abonné est convenu d'un signal déterminé ne s'adressant qu'à lui seul et néglige par suite les autres. Des nombreux avertisseurs mis successivement en usage, un seul est conservé actuellement, c'est le sytème Currier-Bell qui repose sur le principe du télégraphe harmonique de Gray. Au bureau central se trouvent un certain nombre d'électro-aimants dont les trembleurs sont réglés de manière à donner des nombres de vibrations différents; quand un courant est lancé sur la ligne commune, il traverse des électro-aimants analogues établis chez les abonnés, mais n'actionne la sonnerie que là où les vibrations du trembleur sont synchrones de celles de l'électro-aimant mis dans le circuit au bureau central. A Providence il existe des fils avec neuf abonnés; ils sont réunis par séries de quatre-vingt et trois employés suffisent à assurer le service. Des fils à utilisation multiple existent aussi dans les autres villes; il va de soi que leur exploitation nécessite une attention spéciale de la part du personnel.

Dans tous les bureaux reliés aux lignes de la *Long distance C°*, il existe des *permutateurs spéciaux pour fils doubles*, qui servent à la jonction des lignes entre elles et avec les abonnés. Chaque faisceau de double fil aboutit à un bouton et ces boutons, placés par paires à côté les uns des autres, peuvent être reliés par des chevilles doubles spéciales. A côté se trouve un permutateur traversé à découvert par les fils d'embrochage. Enfin les lignes à grande distance peuvent être reliées aux lignes d'abonnés.

Au bureau de Cortland Street, à New-York, les sièges des employés sont placés sur un plancher surélevé à une hauteur suffisante pour permettre de loger en dessous les piles des microphones. Dans les autres bureaux les employés se servent de sièges à vis. La table de l'employé principal (*Chief ope-*

rator), est agencée de manière à lui permettre de se mettre en communication à volonté avec une ligne quelconque, *de manière à ce qu'il puisse exercer de sa place son contrôle sur le service*. Cette disposition a un grand avantage; les employés qui connaissent cette surveillance continuelle conservent une attitude convenable vis-à-vis du public, et les plaintes à ce sujet sont pour ainsi dire nulles.

Le service de jour est assuré exclusivement par un personnel féminin (*Lady-Operators*). L'expérience faite à cet égard a donné les meilleurs résultats; on s'est accordé à louer la bonne tenue, le zèle et l'exactitude des dames. Le service de nuit de neuf heures du soir à huit heures du matin est confié à des hommes. Toutes les sociétés d'exploitation tiennent leurs bureaux ouverts nuit et jour. Dans les petits bureaux, jusqu'à cinq cents abonnés, le service de nuit est assuré par un ou deux employés et on fait usage alors d'un dispositif grâce auquel tout obturateur qui tombe au tableau pour démasquer le numéro de l'abonné, ferme un circuit local sur lequel est intercalée une sonnerie électrique qui entre par conséquent en mouvement et appelle l'attention de l'employé somnolent ou se trouvant dans une autre salle. Dans les grands bureaux, le service de nuit comporte un certain nombre d'employés et cette précaution n'a plus de raison d'être.

L'usage du téléphone pendant la nuit est en réalité assez limité, mais le public américain tient à avoir la faculté d'appeler un médecin au milieu de la nuit et à pouvoir, en cas de danger, prévenir immédiatement les postes de police ou de pompiers.

Dans tous les grands bureaux, il existe des ventilateurs actionnés par de petits moteurs interposés sur les conducteurs de lumière nécessaires pour l'éclairage des salles. Ces ventilateurs ont une action très heureuse sur la température et rendent supportable, pendant la saison chaude, le séjour dans les salles, établies pour la plupart aux étages supérieurs. Ces salles sont éclairées par des lampes à incandescence, mais partout il existe un système de secours alimenté par le gaz.

En dehors du système de communication dont j'ai parlé et qui est de beaucoup le plus répandu, on fait aussi quelquefois usage du *Law system* du *Chinnoch and William system* et du

système de la *Western Electric Standard* (improprement désigné sous le nom de *Gillilan system*) pour des bureaux de petite ou moyenne importance. Tous ces systèmes étant décrits dans des livres connus, je ne m'y arrêterai pas En général les installations sont soignées surtout les plus récentes.

Les postes téléphoniques publics sont très multipliés. Tout abonné peut permettre l'usage de son appareil à d'autres personnes. Le poste est alors appelé «*private*» ou «*public Exchange Telephone*» et l'abonné paie en plus de la taxe ordinaire annuelle un supplément de 10 dollars (53 francs). Il existe également dans les grands hôtels et dans les restaurants et magasins des stations téléphoniques publiques installées d'une façon très confortable.

La surveillance de ces stations est laissée au propriétaire de la salle qui est également responsable des recettes. *Il n'existe nulle part d'appareil pour la perception automatique des taxes.* Chaque cabine publique comporte un transmetteur à grande distance et un téléphone magnétique de Bell; les appareils sont placés sur un pupitre devant lequel on s'assied pour s'en servir.

Chez les abonnés l'installation comprend la boîte bien connue du transmetteur Bell-Blake avec ses accessoires et le récepteur Bell avec aimant dans une boîte en ébonite. Les abonnés pour les communications à grande distance reçoivent en outre un appareil spécial identique à celui placé dans les cabines publiques (*).

Je dois encore signaler l'essai fait à Chicago et à Boston pour la *transmission continuelle de l'heure* donnée par des coups indiquant d'abord le nombre d'heures puis, après une courte pause, les dizaines de minutes et enfin, après nouvelle pause, les minutes. Ces coups sont produits par une transmission actionnée par un courant traversant un circuit continuellement ouvert et fermé à chaque minute par la pendule régulatrice. Pour avoir l'heure, il suffit de placer le récepteur à son oreille; on entend d'abord les heures, puis les dizaines de minutes et enfin les unités de minute. Bien que la taxe

(*) Le transmetteur à longue distance est décrit dans l'*Electr. Zeitschrift*, vol. X, page 117.

perçue pour la transmission de l'heure ne soit que de 2 dollars (10f,60) par an, cette transmission est peu utilisée; cela tient sans doute à la patience qu'exige son utilisation; ainsi, s'il est 10h 53, il faudra presque une demi-minute pour percevoir d'abord les dix coups des heures puis, après une pause, les cinq coups des dizaines de minutes et enfin, après nouvelle pause, les trois coups des minutes.

Les taxes diffèrent naturellement suivant qu'il s'agit de communications locales ou avec la banlieue. La *Long Distance C°* a des tarifs spéciaux.

Pour les communications dans l'intérieur de la ville, les abonnements sont consentis en prenant l'année pour base; pourtant les abonnements de trois et six mois sont les plus nombreux. Pour trois mois, la taxe est moitié de la taxe annuelle, elle est de trois quarts pour six mois. Les taxes diffèrent encore suivant qu'il s'agit d'abonnements d'affaires ou d'abonnements privés, de lignes à fil simple ou à fil double. Pour les jonctions par câble il est perçu une taxe supplémentaire. Enfin pour les lignes utilisées par plusieurs abonnés les taxes sont réduites pour chaque abonné. La distance au bureau de communication influe également sur les taxes; en général le tarif ordinaire est appliqué jusqu'à un mille de distance et des suppléments sont perçus pour chaque demi-mille ou fraction en plus.

Les frais de premier établissement sont à la charge des sociétés, mais tout changement fait sur la demande de l'abonné soit aux conducteurs, soit aux appareils est à la charge de ce dernier.

La taxe annuelle pour New-York est de 140 dollars (740 fr.) pour l'abonnement d'affaires à fil unique dans l'intérieur de la ville et de 120 dollars (636 fr.) seulement pour les abonnements privés. Sur les lignes à fil double, ces taxes sont augmentées de 100 dollars (530 fr.). Sur les lignes à plusieurs abonnés la taxe annuelle est de 40 dollars (212 fr.) par abonné. Il n'existe à New-York que 37 de ces lignes multiples en service.

A Brooklyn l'abonnement annuel à la distance de un mille du bureau est : avec les lignes à fil unique, de 120 dollars (636 fr.) pour les abonnements d'affaires et de 75 dollars (398 fr.) pour les abonnements privés. Sur les lignes à double

fil, les taxes sont respectivement 150 dollars (795 fr.) et 100 dollars (530 fr.). Dans les petites localités jusqu'à 200 abonnés, la taxe annuelle est communément de 75 dollars (398 fr.) pour les abonnements d'affaires et 60 dollars (318 fr.) pour ceux privés.

La taxe supplémentaire pour les excédents de longueur au-delà de un mille est, à Brooklyn, de 30 dollars (159 fr.) par mille et par an pour les lignes à simple fil et de 40 dollars (212 fr.) pour celles à double fil. Pour les petites localités ce supplément est généralement de 6 dollars (32 fr.) pour chaque demi-mille quand il s'agit d'abonnements d'affaires et de 5 dollars (26 fr.) pour les abonnements privés.

A Buffalo le système des tarifs est tout différent.

Les abonnements comportent un nombre déterminé de conversations par an; pour 500 conversations le tarif est de 70 dollars (371 fr.) avec un supplément moyen de 5 dollars pour chaque cent de conversations en plus. Les employés notent les communications données sur de petits bulletins donnant avec le numéro de l'employé, les numéros et les noms des abonnés appelant et appelés; ces bulletins sont centralisés chaque jour dans un bureau spécial qui les classe par nom d'abonné, et ce sont eux qui servent de base aux comptes. Le 10 de chaque mois, les abonnés sont informés par carte postale du nombre de conversations leur incombant pour le mois précédent et leurs réclamations ne sont valables que si elles sont formulées dans l'espace de 24 heures. Ce mode de contrôle et de calcul est en usage dans tous les bureaux.

Il faut mentionner encore que les lignes de jonction peuvent être utilisées pour des conversations avec des personnes non abonnées prévenues par messager dont le salaire est réglé comme suit : si la personne demandée habite à moins de un demi-mille, 10 cents ($0^f,50$), de demi-mille à 1 mille 20 cents (1 fr.), de 1 mille à 1 mille et demie, 25 cents ($1^f,25$). Ces taxes sont payées même si la personne demandée n'est pas rencontrée ou si elle refuse de se rendre à l'appel.

Dans toutes les grandes localités et dans les moyennes, le bureau téléphonique est relié au bureau télégraphique, ce qui permet aux abonnés de demander en tous temps le port par piéton de messages divers. Les abonnés qui veulent user de

cette faculté ont à payer une taxe spéciale de 12 d. par an (6.360 fr.) indépendamment des courses des piétons à payer d'après les tarifs spéciaux des sociétés de télégraphie.

Dans les grandes villes les abonnés peuvent dicter au bureau central des correspondances pour la localité à porter par messages. Une taxe de 10 cents (0f,50) par 25 mots (l'adresse exceptée) est perçue en plus du salaire ordinaire du piéton.

Les tarifs appliqués aux communications entre New-York et les différentes localités le long des lignes de l'*American Telephone and Telegraph C°* (*Long Distance C°*) sont différents suivant qu'il s'agit du service de jour ou du service de nuit. Pour ce dernier (de 8 h. du soir à 6 h. du matin) les taxes sont moitié de celles pour le service de jour (de 6 h. du matin à 8 h du soir). La base du tarif est de 1 cent (0f,05) par mille et par conversation; la durée d'une conversation est de 5 minutes. Les tarifs comportent d'ailleurs diverses réductions.

En terminant, je récapitulerai comme suit les points qui méritent de fixer l'attention.

1° L'installation grandiose de la téléphonie à grande distance avec de nombreuses lignes à 60 et plus de conducteurs doubles;

2° L'adoption du système à double fil même dans l'intérieur des villes et le mode d'établissement des câbles en résultant ainsi que toutes les installations techniques dans les stations;

3° L'emploi général des commutateurs multiples même pour les bureaux de 4 à 500 abonnés;

4° Les avertisseurs à induction dont les avantages sont surtout remarquables quand ils sont employés avec le commutateur multiple. Par suite des nombreux contacts que les lignes d'abonnés ont à traverser au bureau central, les résistances dans le circuit peuvent en effet acquérir une importance suffisante pour rendre problématique le fonctionnement de l'avertisseur. L'emploi d'inducteurs permet en augmentant le nombre de tours de renforcer le courant : d'autre part les courants d'induction sont beaucoup moins sensibles aux imperfections de contact et autres petits accidents de ce genre, que les courants fournis par des piles.

Il n'est pas besoin d'être prophète pour prédire l'avenir de la téléphonie au delà de l'Océan. Dans quelques années, toutes

les sociétés d'exploitation seront réunies et le nom des sociétés fusionnées est déjà donné : *American Telephone and Telegraph C°*. Au surplus l'autonomie actuelle de ces sociétés est plutôt nominale que réelle, car la *Bell Telephone C°*, grâce à sa possession de la majorité des actions, exerce une influence prépondérante dans les assemblées générales sur la fixation des tarifs et même sur le choix des installations techniques. On peut aussi prévoir que plus tard une nouvelle fusion se produira entre l'*American Telephone C°* et la *Western Union Telegraph C°* sur les installations de laquelle j'espère vous donner plus tard quelques renseignements si vos instants ne sont pas pris ailleurs. F.

(*Revue internationale de l'électricité.*)

Sur les piles à électrolytes fondus et sur les forces thermo-électriques à la surface de contact d'un métal et d'un sel fondu.

Par M. Lucien Poincarré (*).

On peut constituer des éléments de pile en plongeant dans un sel fondu, ou porté à une température assez élevée pour devenir conducteur, deux métaux de nature différente; on n'a pas, jusqu'à présent, étudié les systèmes ainsi formés; il m'a paru intéressant de rechercher si ces couples voltaïques obéissent aux lois établies par la théorie et par l'expérience dans le cas des piles hydro-électriques.

I. Parmi les données nécessaires pour cette étude, l'une des plus importantes serait la connaissance de l'*effet Peltier*, P, au contact d'une électrode et du sel; il paraît difficile de mesurer directement ce dégagement de chaleur au sein même de la masse liquide à haute température; mais on peut le calculer par application de la formule de Sir W. Thomson

$$P = -\frac{T}{J}\frac{dE}{dt},$$

(*) *Comptes rendus*, t. CX, p. 339.

si l'on connaît la force thermo-électrique correspondante E.

J'ai pu déterminer cette force électromotrice par la méthode de compensation, en employant un électromètre de M. Lippmann au lieu de galvanomètre; l'appareil thermo-électrique est formé de petits vases en terre poreuse remplis de l'électrolyte fondu et plongés dans un bain de même sel; par un procédé convenable de chauffage, on peut produire une différence entre les températures t et t' des deux tubes; deux fils d'un même échantillon de métal entourent les réservoirs de deux thermomètres à mercure gradués jusqu'à 460°, parfaitement recuits et comparés tous deux à un thermomètre étudié dans des expériences antérieures; ils plongent chacun par une de leurs extrémités dans l'un des vases et sont reliés par l'autre à l'électromètre.

Pour éviter les effets de la polarisation, on ne peut opérer qu'avec un sel du métal employé A, ou bien avec un sel d'un autre métal, auquel on a ajouté une certaine quantité du même sel A.

Les forces thermo-électriques ainsi mesurées ont le même signe et presque la même valeur que celles trouvées par M. Bouty (*) dans le cas des dissolutions saturées; on constate, par exemple, qu'avec l'argent dans l'azotate d'argent fondu la force thermo-électrique E est sensiblement indépendante de la valeur absolue des températures et proportionnelle à la différence $t - t'$; elle a pour valeur entre 310° et 400°, pour une différence de θ° (rapportée au thermomètre à air), $E = 0{,}00027\,\theta$ (en dissolution, $E = 0{,}00024\,\theta$); le métal chaud est à l'extérieur le pôle négatif; au contraire, avec le zinc dans le chlorure de zinc, le zinc chaud est positif et la force électromotrice est égale à 0,00013 v. pour 1° (en dissolution très concentrée, M. Bouty a trouvé exactement la même valeur).

Si le sel vient à se solidifier dans l'un des vases, on ne constate pas de changement dans la force thermo-électrique; il est également indifférent qu'il se solidifie dans l'autre. Le métal considéré peut lui-même être amené à l'état liquide, comme le bismuth dans le trichlorure de bismuth; on ne constate aucune variation dans la valeur de la force thermo-électrique au moment de la fusion.

(*) *Comptes rendus*, t. XC, p. 217.

Quand on mélange de l'azotate de soude avec de l'azotate d'argent, la force thermo-électrique au contact de l'argent varie avec le poids x d'azotate d'argent contenu dans 1 gramme de mélange, suivant la formule

$$E = \frac{a \times 10^{-5} \text{ volts}}{b + x} \theta,$$

ou

$$a = 58,16 \qquad b = 1,154.$$

Dans ce cas, des troubles considérables se produisent lorsque le sel se solidifie dans l'un des vases; ils sont dus à des différences de concentration produites par des inégalités dans la solidification (*).

II. On sait que, dans le cas le plus ordinaire où la loi de Volta (deux métaux réunis par un même électrolyte de manière à former une pile ouverte se mettent au même niveau potentiel) s'applique, l'effet Peltier mesure la différence entre la *chaleur chimique* et la *chaleur voltaïque* d'une pile réversible; si cette différence est nulle, la théorie d'Helmholtz (**) permet de prévoir que la force électromotrice doit être indépendante de la température.

Malheureusement, pour vérifier ces conséquences, dans le cas des piles à électrolytes fondus, on ne peut employer qu'un nombre très restreint de couples à cause de la nécessité d'opérer avec deux métaux et un sel de même acide de chacun d'eux, existant à une même température; d'autre part, les données thermiques nécessaires font le plus souvent défaut; il y a lieu, en outre, d'observer que, d'après les remarques de M. Berthelot (***), la chaleur chimique correspondant à une réaction produite entre deux corps amenés à l'état liquide peut elle-même varier très notablement avec la température.

Je considérerai seulement ici le couple réversible le plus simple que j'aie pu réaliser : zinc | chlorure de zinc, protochlorure d'étain | étain. La faible valeur de l'effet Peltier au

(*) On constate, en effet, directement, l'existence des courants dus à des différences de concentration de l'azotate d'argent dans l'azotate de soude fondu, baignant deux électrodes d'argent; la force électromotrice d'un tel système peut atteindre jusqu'à 0,22 v.

(**) *Wied. Ann.* neue Folge, 111; 1878.

(***) *Mécanique chimique*, t. I, *passim.*

contact du zinc et du chlorure d'étain, d'une part, et de l'étain fondu et du chlorure d'étain, d'autre part (0,000028 pour 1°), fait prévoir que la force électromotrice de cette pile ne doit pas être très différente de celle que l'on calculerait en supposant l'égalité de la chaleur chimique et de la chaleur voltaïque. D'après M. Thomson, la chaleur dégagée par la substitution dans le chlorure d'un équivalent de zinc à un équivalent d'étain, rapportée à l'état solide, est 8,4 cal.; il est facile de voir, en tenant compte des remarques de Person (*) et de M. Berthelot, que la chaleur dégagée à l'état liquide doit être assez voisine mais plus faible.

La force électromotrice calculée serait 0,363; la moyenne de plusieurs expériences a fourni 0,37 volt à l'état solide, et 0,355 à l'état liquide (**); j'ai, d'autre part, constaté qu'entre 250°-350° la force électromotrice de la pile est presque complètement indépendante de la température. On peut en conclure, d'après un théorème dû à M. Lippmann, que la chaleur spécifique du système ne varie pas par suite du passage de l'électricité.

Si l'on construit une pile où l'un des électrolytes est fondu à une certaine température, tandis que l'autre reste solide, comme par exemple le couple | chlorure de zinc fondu, chlorure d'argent solide | argent vers 300°, on constate que la force électromotrice varie notablement avec la température; cette variation est encore plus considérable si l'on prend un tube de verre pour l'un des électrolytes; le théorème de M. Lippmann fait prévoir le fait, car la chaleur spécifique de l'élément varie par suite du changement d'état produit par le courant dans le système.

On voit donc, en résumé, que la théorie d'Helmholtz et ses conséquences se vérifient encore dans le cas des piles où les électrolytes sont amenés à être conducteurs, non plus par dissolution, mais par une élévation de température (***).

(*Comptes rendus*, 17 *février* 1890.)

(*) *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XXI.

(**) Par comparaison avec un élément Gouy, étalonné par M. Pellat.

(***) Ce travail a été fait au laboratoire d'Enseignement physique à la Sorbonne.

Sur les actions mécaniques des courants variables.

Par M. J. Borgman.

En essayant de reproduire, à l'aide des moyens restreints d'un laboratoire, les intéressantes expériences de M. le professeur E. Thomson qui ont été démontrées avec tant d'éclat pendant l'Exposition de 1889 (*), j'ai obtenu quelques résultats nouveaux, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie.

Un anneau formé par un gros fil de cuivre était suspendu à la place d'un plateau au fléau d'une balance et équilibré à l'aide de poids; au-dessous de cet anneau on disposait concentriquement une bobine verticale en fil de cuivre, de $2^{mm},5$ de diamètre (la hauteur de la bobine est 120 millimètres, son diamètre intérieur 43 millimètres, son diamètre extérieur 120 millimètres), munie ou non d'un noyau en fer massif ou formé de fils de fer. Le courant a été fourni par quelques accumulateurs; un commutateur, mû par un petit moteur électrique de Breguet à la vitesse de 1.000 tours à la minute à peu près, changeait le sens du courant vingt fois par tour. Même avec un courant de $0^{amp},5$, la répulsion de l'anneau a été nettement accusée; elle était moindre quand la bobine fut dépourvue de son noyau de fer. En remplaçant l'anneau par un disque horizontal de même diamètre ou par un tube de même métal suspendu dans la cavité cylindrique de la bobine, on a constaté aussi une répulsion notable, beaucoup moindre pour le tube que pour le disque ou l'anneau.

En remplaçant le commutateur par un simple interrupteur, donnant le même nombre d'interruptions à la minute qu'il y avait d'inversions du courant, on a observé *les mêmes répulsions*, mais d'intensité moindre. C'est sur la surface d'une nappe liquide de mercure que j'ai observé les phénomènes les plus intéressants. La bobine que j'ai employée était un simple rouleau de fils isolés, lié par des ficelles et dépourvu de parties inutiles en métal, pouvant intervenir dans les phénomènes observés. Une cuvette en verre, à fond plat horizontal

(*) V. *Annales télégraphiques*, 1889, p. 327.

(76 millimètres de diamètre), contenant du mercure, était placée le plus concentriquement possible au-dessus de la bobine, et la surface du liquide saupoudrée par un peu de lycopode. Quelques moments après la fermeture du courant alternatif ou simplement intermittent, le mouvement des particules de lycopode accusait nettement l'existence de deux courants circulaires de mercure, de directions contraires, qui se réunissent pour former un seul courant diamétral.

Ces tourbillons sont le mieux accusés quand l'épaisseur de mercure est minimum, justement suffisante pour couvrir tout le fond de la cuvette. Ils sont plus faibles avec les courants intermittents qu'avec les alternatifs; l'existence du noyau de fer augmente l'intensité du mouvement tourbillonnaire.

Si l'on produit une dyssymétrie du champ de la bobine, dépourvue de son noyau, en introduisant un disque en cuivre mince sous la cuvette, excentriquement par rapport à son centre, on observe deux tourbillons dont le courant commun est dirigé vers le disque. En plaçant sous la cuvette deux ou trois disques, on obtient quatre ou six tourbillons, dont les lignes de démarcation sont dirigées le long des diamètres des disques. Si l'on place diamétralement sous la cuvette une bande de métal, on obtient quatre tourbillons, dont une des lignes de démarcation est dirigée normalement à la longueur de la bande et l'autre lui est parallèle; les courants de mercure dirigés vers le centre coulent le long de la première direction. On obtient deux forts tourbillons dirigés vers le centre de la bobine, si l'on place la cuvette à mercure un peu excentriquement sur la bobine contenant son noyau de fer. En général, les courants de mercure se dirigent vers l'endroit où le métal est placé sous la cuvette, et forment des tourbillons dont les parties les plus intenses sont disposées près de cet endroit.

Si l'on place sous la cuvette un anneau plat, formé de trois secteurs égaux en cuivre, laiton et zinc, on obtient six tourbillons d'intensités différentes. La paire qui correspond au cuivre est la plus énergique et celle du zinc est à peine perceptible, même quand le courant surpasse 2 ampères.

On n'obtient aucun mouvement du mercure si la cuvette,

plus petite que le vide central de la bobine, est placé concentriquement au-dessus de lui.

La formation des tourbillons au-dessus de la bobine seule (sans noyau et plaques métalliques) dans mes expériences s'explique par le manque d'homogénéité du fil et de la symétrie imparfaite de la forme de cette bobine.

En plaçant la bobine horizontalement sous la cuvette, de manière qu'une partie seulement du mercure soit placée au-dessus de la bobine, on obtient aussi deux tourbillons avec une ligne de démarcation au-dessus de l'axe de la bobine. On obtient, de même, deux tourbillons si l'on place la cuvette à côté de la bobine verticale; mais, dans ce cas, l'intensité du mouvement du mercure est très petite.

Il n'est pas nécessaire que le mercure couvre tout le fond de la cuvette. On observe les mêmes effets dans des gouttes isolées.

En saupoudrant le mercure avec la limaille de fer, on produit l'effet suivant : les particules les plus grosses tendent à s'arranger conformément aux directions des lignes de force, mais cèdent un peu au mouvement tourbillonnaire du mercure. Les particules les plus ténues sautillent dans toutes les directions comme des gouttes liquides dans l'état sphéroïdal.

Je poursuis ces expériences.

(*Comptes rendus*, séance du 3 février 1890.)

BIBLIOGRAPHIE

Leçons sur l'électricité professées à l'Institut électrotechnique Montefiore, par Eric Gérard, directeur de cet Institut. — (Gauthier-Villars, éditeur.)

Nos lecteurs connaissent le nom de M. Eric Gérard, qui est un ancien élève de l'École supérieure de télégraphie, et qui dirige si brillamment depuis 1883, c'est-à-dire depuis sa fondation, l'Institut électrotechnique annexé à l'Université de

Liège. Son cours d'électricité à l'École des mines de Liège a été publié en 1886 sous le nom d'*Éléments d'électrotechnique*.

M. Gérard s'est proposé d'étudier, pour les élèves de l'Institut électrotechnique, un enseignement nouveau également éloigné des spéculations de la théorie pure et des développements descriptifs que comportent les ouvrages de vulgarisation. Les leçons qu'il professe formeront l'objet de deux volumes, dont le premier vient de paraître.

Ce volume débute par un examen élémentaire de la théorie du potentiel qui sert de fondement à l'étude des actions électriques et magnétiques. Les chapitres suivants sont consacrés à un exposé du magnétisme et de l'électrostatique basé sur les idées de Faraday. Les chapitres relatifs à l'électro-dynamique, à l'électro-magnétisme et à l'induction, renferment une exposition simple des lois fondamentales qui régissent ces catégories de phénomènes. De nombreux exemples servent à élucider les formules théoriques.

Les méthodes électrométriques industrielles et les systèmes de piles et d'accumulateurs sont ensuite examinés successivement. L'étude des machines dynamo-électriques et des transformateurs est l'objet d'une attention particulière. Les théories récentes, présentées avec le détail qu'elles comportent, sont appuyées par des exemples numériques destinés à servir de guide aux ingénieurs chargés du projet de ces appareils.

Le second volume contiendra l'exposé des systèmes de canalisation et de distribution de l'énergie électrique, des moteurs électriques et de leur application à la traction et au transport de l'énergie mécanique, et enfin des procédés de l'éclairage électrique et de l'électrométallurgie.

Cet ouvrage, orné de nombreuses figures, se distingue par une grande clarté de rédaction et un heureux choix des méthodes d'exposition. Nous ne saurions trop en recommander la lecture aux personnes qui désirent se tenir au courant de la science électrique et de ses découvertes les plus récentes.

Gérant : Vᵛᵉ Dunod. — Paris. — Imp. C. Marpon et E. Flammarion, rue Racine, 26.

ANNALES
TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1890 **Septembre - Octobre**

TRAVAUX
DU
LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ

Les *Annales télégraphiques* ont publié (mai-juin 1888) une description détaillée du laboratoire central d'électricité. Nous chercherons à la compléter aujourd'hui par l'exposé rapide des méthodes de mesures employées par cet établissement et par une indication sommaire des travaux exécutés et des résultats obtenus.

Le laboratoire fonctionne régulièrement depuis plus de deux ans; il est sorti de la période des premiers tâtonnements et les méthodes qu'il a définitivement adoptées sont celles qui, dans la pratique, lui ont donné les meilleures garanties d'exactitude.

ÉTALONNEMENTS DE PRÉCISION.

Le laboratoire peut entreprendre avec précision l'étalonnement des résistances, des forces électromotrices, des intensités.

Il a dû laisser provisoirement de côté la mesure de la capacité électrique. La détermination absolue de cette grandeur est en effet fort difficile, et la construction d'un étalon de capacité exigerait beaucoup de temps et de travail. Elle a été remise à plus tard.

Résistances. — Nous ne reviendrons pas ici sur la méthode de comparaison des résistances par le pont à fil, qui a fait l'objet d'un article dans un numéro précédent des *Annales* (*). L'installation du laboratoire est identique à celle du bureau d'étalonnement des résistances de l'administration des postes et télégraphes. Les étalons principaux sont cinq copies en verre et mercure de l'étalon prototype conservé au musée de l'administration.

Intensités et forces électromotrices. — L'étalon de résistance étant défini, il suffit de se donner un étalon d'intensité ou de force électromotrice pour que les trois grandeurs puissent être étalonnées. En principe il est rationnel de se donner l'unité de résistance et l'unité d'intensité et d'en déduire l'unité de force électromotrice.

Pour définir l'unité d'intensité, deux méthodes se présentent : on peut mesurer un courant en grandeur absolue par le poids d'argent déposé dans l'unité de temps par ce courant. Le principe de cette méthode est des plus satisfaisants ; la pesée est une opération relativement facile et l'ampèremètre, ainsi défini, reste toujours rigoureusement comparable à lui-même. C'est elle qui avait été adoptée au début par le laboratoire ; mais malgré ses sérieux avantages, elle a été laissée à l'étude par suite de deux difficultés graves qui se pré-

(*) Septembre-octobre 1884.

sentent dans son application : l'impossibilité d'obtenir une masse d'argent suffisamment pur, et l'incertitude qui affecte la connaissance de l'équivalent électrochimique de l'argent.

La seconde méthode emploie un électro-dynamomètre absolu. C'est à son application que le laboratoire s'est arrêté. Il possède un étalon Pellat, construit par M. Carpentier et comparé avec le plus grand soin à l'électro-dynamomètre absolu construit par M. Pellat. Il résulte des études de ce physicien que l'étalonnement de l'ampère étalon peut être garanti avec une très grande exactitude et que son invariabilité est tout à fait suffisante.

L'ampère étalon sert à déterminer de temps en temps la valeur absolue de la force électromotrice d'un élément de pile étalon : un courant fourni par des accumulateurs et maintenu absolument constant à l'aide d'un rhéostat continu, traverse l'ampère étalon et une résistance étalonnée. Le courant est réglé à une intensité telle que la différence de potentiel entre les deux bornes de la résistance soit précisément égale à celle des deux pôles de la pile (à circuit ouvert); l'égalité des deux différences de potentiels est constatée à l'aide d'un électromètre à mercure.

Le laboratoire possède un certain nombre d'éléments étalons de divers systèmes (Latimer Clarke, Gouy, Daniel) qui sont constamment comparés entre eux et dont l'un est de temps en temps étalonné comme il vient d'être indiqué.

La méthode de comparaison des forces électromotrices des éléments étalons a aussi été empruntée à M. Pellat. J'indiquerai seulement ici le principe de la méthode : Un courant constant traverse un rhéostat

de 10.000 ohms qui constitue une échelle variable de potentiels entre ses deux extrémités. On cherche le point du potentiomètre qui se trouve au potentiel du second pôle de l'étalon dont l'autre pôle est relié à l'extrémité du rhéostat. L'appareil qui constate l'égalité des potentiels est un électromètre. Les deux étalons à comparer sont amenés successivement au potentiomètre et le rapport de leurs forces électromotrices s'obtient par un rapport de résistances. La précision de la comparaison atteint le dix-millième et les éléments peuvent être comparés sans jamais débiter de courant.

Les procédés que je viens d'indiquer fixent les étalons de premier ordre. Ils définissent facilement une force électromotrice d'environ 1 volt et un courant voisin de 1/3 d'ampère. Pour élargir cette échelle, on emploie des étalons secondaires, galvanomètres Deprez-Carpentier, à miroir, dont l'un sert d'ampèremètre jusqu'à 1 ampère, le deuxième d'ampèremètre jusqu'à 100 ampères, le troisième de voltmètre jusqu'à 100 volts environ. Ces appareils s'étalonnent tous par une méthode potentiométrique; ils sont placés sur des blocs de pierre, de telle sorte que pour chacun d'eux la distance du miroir à l'échelle soit invariable. La précision de leurs indications atteint environ le trois-centième, ils établissent la transition entre les étalons de premier ordre et les instruments d'étalonnage industriel.

ESSAIS INDUSTRIELS.

Les essais les plus fréquemment demandés au laboratoire, sont :

1° Étalonnements de voltmètres;
2° Étalonnements d'ampèremètres;
3° Étalonnements de compteurs d'électricité;
4° Études de machines;
5° Études de piles;
6° Études d'accumulateurs;
7° Détermination des constantes d'un fil conducteur;
8° Détermination des constantes d'un câble;
9° Déterminations photométriques.

Étalonnements de voltmètres. — L'étalonnement d'un instrument de mesure à graduation se fait par la détermination de sa courbe de correction. On trace sur le certificat cette courbe établie en portant en abscisses les déviations lues sur l'appareil et en ordonnées soit les valeurs vraies, soit la correction à apporter aux lectures pour les rendre exactes.

Dans le cas des étalonnements de voltmètres, une échelle variable de potentiels est constituée à l'aide d'une batterie de 60 accumulateurs dont les deux pôles sont reliés par un rhéostat. Il suffit pour obtenir des points de la courbe de correction de mesurer en même temps, avec l'instrument à étalonner et avec le voltmètre étalon la différence de potentiel entre deux points du rhéostat.

Le voltmètre étalon qui a semblé le plus pratique pour ces déterminations est un galvanomètre Deprez-d'Arsonval, dont la sensibilité est modifiée par l'introduction de résistances placées les unes en circuit, les autres en dérivation sur ses bornes et déterminées de telles sortes que les déviations lues sur l'échelle expriment, sans correction, soit des volts, soit des centièmes de volt. Ces résistances sont réglées par tâtonnement en mesurant simultanément avec cet ap-

pareil et par la méthode de Pellat, une différence de potentiel comprises entre 1 et 2 volts. On obtient ainsi la combinaison de résistances qui correspond à la graduation en centièmes de volt. Un calcul simple permet d'en déduire la combinaison correspondant à la graduation en volts.

Cet appareil, étalon de troisième ordre, donne très facilement une approximation supérieure au centième l'installation actuelle du laboratoire ne permet pas d'étalonner des voltmètres au delà de 200 volts.

Étalonnements d'ampèremètre. — Le courant est produit par une batterie d'accumulateurs dont le mode de groupement peut être modifié. L'intensité est réglée par des rhéostats formés d'un grand nombre de tiges de maillechort mobiles, dont les extrémités plongent dans des godets de mercure. Le courant traverse l'appareil en expérience et une résistance aux bornes de laquelle la différence de potentiel est mesurée.

Pour les étalonnements qui ne dépassent pas 10 ampères, la résistance employée est un dixième d'ohm en maillechort aux bornes duquel la différence de potentiel est mesurée en volts à l'aide du Deprez-d'Arsonval monté en voltmètre.

Pour les intensités comprises entre 10 et 100 ampères, on prend comme rhéostat une forte tige en maillechort de 2 mètres environ, sur laquelle glissent deux prises mobiles de potentiel. Un galvanomètre Deprez-d'Arsonval est relié à ces deux curseurs dont la position est réglée de telle sorte que les indications lues à l'échelle du galvanomètre expriment exactement, sans correction, le nombre d'ampères qui traversent la tige. Cet étalonnement se fait de temps en temps par comparaison avec un ampèremètre étalon.

Le galvanomètre ainsi monté constitue l'étalon d'intensité de troisième ordre correspondant au voltmètre décrit dans le précédent paragraphe. L'erreur commise sur la lecture est également inférieure à 1 p. 100.

Enfin dans le cas de courants fort intenses pouvant atteindre 600 ampères, on emploie des rhéostats en forme de gril très peu résistants (1 ou 2 dix-millièmes d'ohm) dont la résistance a été mesurée avec tout le soin possible, et la différence de potentiel aux bornes est mesurée avec un galvanomètre très sensible.

Les électro-dynamomètres sont étalonnés comme les ampèremètres au moyen de courants continus.

Compteurs d'électricité. — Les compteurs pour courants continus s'étalonnent aisément, puisque le laboratoire possède des ampèremètres et des voltmètres étalonnés. Il suffit d'adjoindre une montre à ces instruments. On emploie ordinairement, au laboratoire, pour ces mesures, les ampèremètres et voltmètres Deprez-Carpentier, à miroir, qui ont été désignés comme étalons de second ordre. On n'a pas encore admis pour ces mesures l'enregistrement automatique. Un observateur est attaché à la mesure et note toutes les variations du courant. D'ailleurs l'emploi de bons accumulateurs rend cet enregistrement très facile.

Pour les compteurs à courants alternatifs, le laboratoire n'entreprend l'étalonnement qu'autant que le compteur à essayer fonctionne avec un nombre d'alternances que puisse fournir l'une de ses machines. L'appareil de mesures est un électro-dynamomètre.

Études de machines. — L'installation pour les études de machines est loin d'être complète. Elle ne sera dé-

finitivement achevée que lorsque le laboratoire aura quitté la place Saint-Charles.

Telle qu'elle est, elle ne permet pas facilement de placer dans de bonnes conditions une machine un peu volumineuse et la disposition de la transmission n'est pas favorable à l'obtention de vitesses variables. De même pour la détermination des rendements, on doit se borner à évaluer le travail mécanique absorbé par la machine, en substituant à celle-ci un frein de Prony monté sur la transmission et ramenant le moteur aux mêmes conditions de fonctionnement. Ce procédé manque de précision et ne peut que fournir des indications plus ou moins approchées.

Les autres mesures intéressantes, détermination des caractéristiques, mesure de la force électromotrice, de la résistance à froid et à chaud des divers circuits, etc., se font sans difficulté.

L'ampèremètre et le voltmètre de troisième ordre sont surtout utiles à ce genre de déterminations. Ils permettent de mesurer, à chaque instant, avec toute la précision désirable et sans calcul, l'intensité du courant et la différence de potentiel aux bornes. Les rhéostats employés en pareil cas sont formés de tableaux de lampes à incandescence.

Dans le cas particulier où la machine à essayer est d'une puissance n'excédant pas 3 chevaux, la mesure du rendement peut être faite sans trop de peine. La machine est mise en mouvement comme réceptrice, et le travail mécanique développé est mesuré sur sa poulie avec un petit frein à poids ou à ressort. La précision de la mesure atteint facilement 1 p. 100.

Machines à courants alternatifs. — Le travail électrique est mesuré approximativement avec un électro-

dynamomètre Carpentier ou Siémens, et un électromètre apériodique Carpentier ou un voltmètre de Cardew.

Études de piles. — Les constantes à déterminer sont la force électromotrice et la résistance intérieure. Il est indispensable, en outre, de se rendre compte de la durée de l'élément. La force électromotrice est mesurée par la méthode Pellat. La résistance intérieure, quantité assez mal définie, est déterminée par la chute de potentiel aux bornes de la pile au moment où celle-ci commence à débiter à un régime normal. On indique au certificat comment cette résistance a été mesurée.

Quant à la durée de la pile, son étude se fait de deux manières différentes suivant que l'élément est destiné à fournir un travail intermittent (télégraphie, téléphonie) ou un travail continu (éclairage, charge d'accumulateurs). Dans le premier cas la pile est épuisée en travail discontinu. Un appareil automatique, mû par un moteur électrique, envoie à des intervalles réguliers connus, pendant une durée connue, le courant de la pile dans une résistance appropriée. Tous les jours, un observateur détermine la force électromotrice et la résistance de l'élément. Les courbes de variation de ces quantités sont portées au certificat.

Si la pile à essayer est une pile de débit, on la ferme sur une résistance connue correspondant à son débit normal, et l'on mesure chaque jour la différence de potentiel aux bornes de cette résistance. Le certificat donne la force électromotrice à circuit ouvert au début et la courbe de variation de la différence de potentiel pendant le débit.

Études d'accumulateurs. — Le laboratoire exécute

ordinairement sur les accumulateurs des expériences définies par l'intéressé lui-même. On inscrit les résultats au certificat sans en déduire aucune conclusion relative au rendement ou à la valeur de l'appareil. Quand l'intéressé ne donne pas le programme des essais, on charge plusieurs fois l'accumulateur à son régime normal, en arrêtant la charge lorsque la différence de potentiel aux bornes atteint $2^{volts},5$ et on exécute un certain nombre de décharges à des régimes différents en arrêtant la décharge dès que la différence de potentiel descend au-dessous de $1^{volt},8$. Les courbes des charges et décharges sont portées sur le certificat, ordinairement exprimées en ampères-heures. On indique, en divers points de la courbe, la concordance des forces électromotrices, afin que les courbes puissent être traduites en watts-heures.

Constantes de fils. — Un fil métallique télégraphique ou téléphonique doit être essayé au double point de vue de sa conductibilité et de sa résistance mécanique.

On détermine la conductibilité en mesurant la résistance électrique d'un bout de fil dont les dimensions géométriques sont connues. La mesure de la résistance électrique se fait avec une extrême précision au moyen du pont de Wheatstone. La longueur est déterminée en enroulant le fil sur un grand cylindre d'ébonite dont le rayon est parfaitement connu et en comptant le nombre des spires. Le diamètre du fil est la donnée la plus difficile à déterminer. On peut l'obtenir en pesant une longueur connue du fil et divisant le poids par la densité et la longueur. On a trouvé beaucoup plus commode et tout aussi exact de mesurer directement le diamètre à l'aide d'un excellent compas d'épaisseur

de Dumoulin-Froment. Si l'on prend la précaution de recommencer la mesure une vingtaine de fois en des points différents du fil et dans diverses directions autour d'un même point, la moyenne de tous les résultats est suffisamment exacte et assure pour la détermination de la conductibilité du fil une approximation d'au moins 1 p. 100.

On indique sur le certificat la résistance kilométrique du fil à une certaine température et le diamètre du fil.

La résistance à la traction s'obtient en suspendant au fil un plateau de balance supportant un vase dans lequel on verse de la grenaille de plomb. Le vase est pesé après la rupture du fil.

On indique également sur le certificat l'allongement permanent par mètre au moment de la rupture et le nombre de pliages supportés par le fil serré entre des machines d'un rayon de courbure défini.

Ces différents essais sont ceux qu'imposent les cahiers des charges de l'administration des postes et des télégraphes.

Constantes de câbles. — La capacité électrique d'un câble est facile à mesurer si l'on dispose d'un bout suffisamment long, au moyen d'un galvanomètre balistique et d'un condensateur gradué.

L'essai d'isolement est fait à la demande, dans l'air, ou dans l'eau chaude ou froide.

Si le câble est peu isolé, la détermination de l'isolement se fait avec un pont de Weatstone permettant de mesurer des résistances de 400.000 à 500.000 ohms.

Si le câble est bien isolé et qu'on dispose d'une longueur un peu grande, on détermine avec un galvanomètre Thomson, sensible, la déviation produite par le courant qu'une pile de 200 éléments Callaud

envoie a travers le diélectrique. C'est la méthode classique employée pour la vérification des câbles sous-marins.

Enfin, si le bout du câble bien isolé dont on dispose est très court, si l'on veut déterminer la résistance d'isolement d'une petite quantité de diélectrique quelconque, on se sert d'un électromètre Mascart en appliquant la méthode de la perte de charge.

Je passe très rapidement sur ces diverses méthodes décrites dans tous les ouvrages d'électricité et couramment employées dans les laboratoires de l'administration des télégraphes.

Photométrie. — L'étalon de lumière admis par le laboratoire est une lampe Carcel brûlant par heure 42 grammes d'huile de colza épurée. Une balance de Dumas contrôle la régularité de la combustion pendant la durée de l'expérience. La lampe Carcel représente exactement l'intensité lumineuse de dix bougies décimales, unité adoptée par le Congrès de 1889. Le laboratoire possède deux Carcels qu'il peut comparer constamment entre elles.

Le photomètre employé est un Bunsen à tache. Il assure une précision très suffisante dans l'étude des lampes à incandescence. La couleur des radiations de ces lampes est, en effet, à peu près celle de la lampe Carcel et la différence d'intensité des deux sources n'est pas trop grande. On peut répondre d'une erreur moindre que 2,5 p. 100. Pour les études d'arcs on se heurte à une double difficulté : la différence des teintes est très grande et l'inégalité entre les deux intensités à comparer trop considérable. On étudie actuellement au laboratoire une installation permettant de substituer à l'étalon Carcel une source de lumière plus blan-

che et d'intensité quatre fois plus considérable environ. On espère également, par l'emploi des verres colorés, augmenter la précision des mesures.

Lorsqu'une lampe à incandescence est étudiée au laboratoire, on construit ordinairement pour une direction bien définie des radiations, la courbe du pouvoir éclairant avec l'énergie électrique fournie ou avec la différence de potentiel aux bornes de la lampe.

TRAVAUX DU LABORATOIRE.

Les industriels ont pris peu à peu l'habitude de s'adresser au laboratoire : pendant les premiers mois de son fonctionnement, les demandes d'essais étaient rares et presque toutes apportées par des personnes qui s'intéressaient au laboratoire et voulaient encourager cette institution. Aujourd'hui la clientèle est faite et s'est recrutée parmi les industriels électriciens les plus importants. De grandes administrations, des Facultés de province ont demandé des essais, et des certificats ont déjà été délivrés à l'étranger à des industriels d'Italie, de Suisse, de Belgique et de Russie.

En 1888, le laboratoire a établi 73 certificats.

En 1889, ce nombre s'est élevé à 190 ainsi répartis :

Essais de machines	4
Étalonnements d'ampèremètres	12
— de voltmètres	17
— de compteurs	18
— de condensateurs	1
— de résistances	4
Études de piles	23
— d'accumulateurs	15
Constantes de fils métalliques	58
Constantes de câbles	25

Résistance spécifique d'un diélectrique	3
Conductibilité et variation thermique de la conductibilité.	1
Essais photométriques	9

Depuis le 1er janvier 1890 jusqu'au 15 août, il a été demandé 130 essais, ce qui porte à 393 le nombre des certificats demandés jusqu'à ce jour au laboratoire.

Parmi ces certificats, quelques-uns ont été établis sur la demande du jury des récompenses de la classe 62 à l'Exposition universelle. D'autres travaux beaucoup plus importants : études de dynamos, de lampes à arcs, mesures photométriques, non compris dans cette statistique parce qu'ils n'ont pas donné lieu à l'établissement de certificats, ont été faits à l'Exposition même sous la direction du jury par le personnel du laboratoire et avec ses appareils.

Quelques physiciens et industriels ont été autorisés à profiter des ressources du laboratoire et à effectuer des recherches personnelles. La plupart de ces travaux ont eu pour objet l'étude de phénomènes électrolytiques.

On peut également citer, comme travaux exécutés au laboratoire, la reproduction des expériences de Hertz sur les ondulations électriques faites par M. Joubert, la reproduction des expériences de Sarasin et de La Rive également sur les ondulations électriques faites par M. Sarasin, et enfin les expériences qui ont été effectuées par M. Mascart devant la commission supérieure des théâtres et qui ont été relatives aux dangers d'incendie dans les théâtres provenant du fait des lampes à incandescence.

4 élèves fréquentent actuellement le laboratoire. 25 autres l'ont quitté après avoir achevé leur instruction. Ces 29 élèves se répartissent, par nationalité, en

20 Français, 1 Belge, 2 Norvégiens, 2 Russes, 1 Américain, 1 Roumain, 1 Italien, 1 Suisse. Tous ont apporté beaucoup d'assiduité à leurs travaux et la plupart ont tiré un réel profit de leur séjour au laboratoire.

Un grand nombre de candidats français et étrangers sollicitent leur admission; on ne choisit parmi eux que ceux dont l'instruction présente des garanties suffisantes et qui paraissent capables de prendre aux travaux du laboratoire une part active et profitable.

F.-G. DE NERVILLE.

TARIF DU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

A. *Essais donnant lieu à un certificat.*

5 fr. — 1. Conductibilité kilométrique d'un fil métallique.
2. Conductibilité d'un crayon de charbon pour lumière.
10 fr. — 3. Résistance d'isolement d'un diélectrique.
4. Constantes d'un fil métallique (diamètre, conductibilité, résistance mécanique, pliages).
(*a*) 5. Étalonnement d'un ampèremètre industriel.
(*a*) 6. — d'un voltmètre industriel.
7. — d'un électrodynamomètre industriel.
8. — d'un galvanomètre quelconque.
9. Constantes d'un condensateur (capacité, isolement).
10. Étalonnement d'un élément de pile étalon (force électromotrice à une certaine température).
11. Intensité photométrique d'une lampe à incandescence (dans plusieurs azimuts).
12. Intensité photométrique d'un bec de gaz ou d'une source lumineuse d'intensité comparable.
13. Étalonnement d'une résistance (à une certaine température).
20 fr. — 14. Essai d'un isolateur électrique (dans diverses conditions).
15. Intensité photométrique d'un arc (dans divers azimuts).
16. Essai d'un charbon pour lumière (conductibilité, durée, fixité de l'arc).
17. Essai d'un accumulateur formé (force électromotrice, capacité, courbe de décharge).
18. Essai d'une pile (variations de la force électromotrice et de la résistance après débit).

25 fr. — 19. Étalonnement d'un compteur d'électricité à courants continus.
20. Étalonnement d'une caisse de résistances (à une certaine température).
(c) 21. Essai d'un câble (conductibilité, capacité, isolement après immersion de 24 heures dans un bain à 24° C).
22. Essai d'une machine dynamo ou magnéto-électrique de 1 cheval et au-dessous (force électromotrice, résistances des circuits, caractéristiques).
50 fr. — 23. Étalonnement d'un ampèremètre ou d'un voltmètre de précision.
24. Étude d'un étalon de résistance (résistance et variation avec la température).
25. Étude d'un étalon de force électromotrice (force électromotrice et variation avec la température).
26. Essai d'une machine de 1 à 10 chevaux.
100 fr. — 27. Essai d'une machine de 10 à 15 chevaux.

Prix réduits.

(a) Étalonnements d'ampèremètres ou voltmètres industriels par série d'appareils identiques :

Par série de 5. . . . . 25 fr. la série.
Par série de 10. . . . . 45 fr. —

(b) Étalonnements de compteurs par série d'appareils identiques :

Par série de 5. . . . . 50 fr. la série.
Par série de 10. . . . . 75 fr. —

(c) Essais de câbles :

Par série de 4. . . . . 50 fr. la série.

B. *Essais ne donnant pas lieu à un certificat, à faire sur les indications et en présence de l'intéressé.*

	La journée de 4 à 8 heures	La demi-journée de 1 à 4 heures
Essai sans machine ni accumulateurs. . . .	15 fr.	10 fr.
Essai avec machine ou accumulateurs	25 fr.	15 fr.

MATÉRIEL

POUR

BUREAUX CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES

La téléphonie conquiert peu à peu en France la place qui lui revient naturellement. De nouveaux réseaux sont établis, et, pour les anciens, un sentiment plus clair des besoins impose un changement d'outillage. Tenant compte de ces considérations, la conférence technique administrative de juillet 1889 avait, sur l'avis de la deuxième section, chargée de l'étude des bureaux centraux, nettement indiqué le matériel qu'il y avait lieu d'employer dans les bureaux centraux en cas de création ou de transformation, à savoir les « standards » et les « multiples ». Comme les discussions qui eurent cours au sein de la deuxième section, n'ont point été publiées et que les questions relatives à l'installation des bureaux offrent présentement un certain intérêt, nous reproduirons les renseignements et les raisons que, pour notre part, nous avions mis en avant et qui nous paraissaient de nature à entraîner le choix de ce matériel au triple point de vue du maniement des appareils, de la rapidité et de la sécurité du service. Mais nous tenons à dire combien notre enquête préliminaire avait été facilitée par l'obligeance de MM. Banneux et Rothen, et nous nous faisons un véritable plaisir de remercier ici les deux éminents directeurs des télégraphes de Belgique et de Suisse pour la gracieuse

libéralité avec laquelle, depuis plusieurs années, ils veulent bien nous faire part de leur expérience.

Les besoins variant avec l'importance des bureaux, on s'est trouvé conduit à distinguer deux types principaux de commutateurs; l'un convient d'une façon particulière aux petits bureaux jusqu'à 500 abonnés ou même aux bureaux moyens jusqu'à 1000; nous lui conserverons le nom de commutateur « standard » qui lui a été donné par les constructeurs. Le second type, qui comprend les commutateurs multiples, a été combiné en vue des bureaux où, par suite du nombre des abonnés, le service est particulièrement chargé et devient pratiquement trop compliqué pour être, avec les « standards », assuré comme il doit l'être.

COMMUTATEURS « STANDARD ». — PETITS BUREAUX.

Nous distinguerons, comme il convient de le faire dans tout système de tableau commutateur, les pièces terminales des lignes des abonnés, en communication permanente avec elles pendant le repos, et les accessoires ou, mieux, les organes complémentaires qui servent à relier deux d'entre elles pour une conversation.

Les *pièces terminales* comprennent les blocs sur lesquels on prend la communication et les électro-aimants annonciateurs.

Nous dirons plus loin seulement un mot des annonciateurs.

Les blocs ou, suivant une dénomination qui tend à se répandre, les « jacks », se composent (*fig.* 1 et 2) de trois parties, un massif AA', une lame butoir Bm,

un ressort C*n*, séparés deux à deux par des plaques

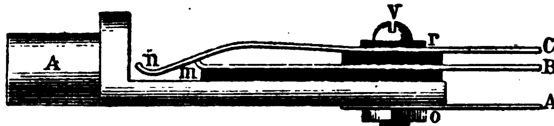


Fig. 1.

d'ébonite. Une vis V traversant un canon d'ébonite et serrée par l'écrou *o* maintient le tout assemblé, sans établir, par sa tige, de communication entre les différentes parties.

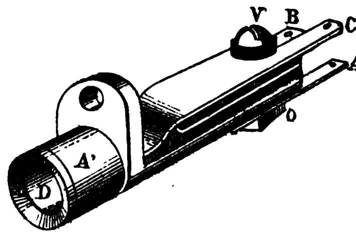


Fig. 2.

Si le commutateur doit servir uniquement pour lignes à un fil, la tête de vis V presse directement le ressort C*n*; la vis établit alors, grâce à l'écrou *o*, une communication entre AA′ et C*n*. Si le commutateur est pour lignes bifilaires, une rondelle d'ébonite interposée entre la tête de vis et C*n* empêche cette communication.

De toutes façons, un fil de ligne est soudé en C et l'un des fils de l'annonciateur en B; lorsqu'il existe un second fil, on le soude en A ainsi que l'autre fil de l'annonciateur.

Accessoires. — On voit par la *fig.* 2 que l'extrémité A′ du massif est percée d'un trou longitudinal D. Quand il s'agit d'établir une communication, l'opérateur enfonce, dans les trous D des jacks appartenant aux lignes à relier, des fiches semblables à celle représentée *fig.* 3 et terminant le cordon conducteur à l'aide duquel on fait le raccord. Les *fig.* 3 et 4 montrent une

fiche pour « standard » à double fil. Elle est composée



Fig. 3.

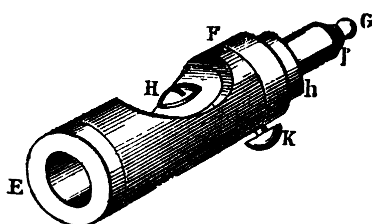


Fig. 4.

de deux parties métalliques concentriques : l'une GHE s'étend d'un bout à l'autre de la fiche et porte en H une vis d'attache pour un des conducteurs du cordon souple ; l'autre, *lh*F coiffe, pour ainsi dire, la première ; elle en est séparée par un canon isolant que, dans la *fig.* 3, on a fait affleurer en *l;* une vis K engagée dans la couronne F sert d'attache pour le second conducteur du cordon. Celui-ci pénètre par l'axe E de la fiche jusqu'au niveau du trou M, et là les deux conducteurs se séparent pour aboutir l'un directement en H, l'autre en K à travers M. Le canal axial E est fileté, de manière que le revêtement textile extérieur du cordon se visse à la base de la fiche et supporte ainsi la majeure partie de la traction que le cordon peut avoir à subir. On remarquera, vers le bout G de la broche centrale, une gorge *g;* l'emplacement en est déterminé par cette condition que, la fiche étant enfoncée à refus dans le jack, c'est-à-dire jusqu'à ce que la couronne F bute contre A', le coude *n* du ressort C*n* vienne appuyer dans la gorge.

La fiche pour fil unique ne comprend naturellement

qu'une broche centrale, mais profilée comme la fiche à double fil, afin de présenter un épaulement F qui bute contre le jack.

Les fiches, dans la partie où elles sont saisies par la main, sont revêtues d'un cylindre d'ébonite.

Les modèles actuels de jack et de fiches ne sont plus exactement ceux que nous venons de décrire; nous avons néanmoins conservé, pour la description, les anciens modèles, parce que les nouveaux, identiques en principe, se prêtent moins à une représentation claire par le dessin; les différences d'ailleurs ont pour seules raisons une plus grande facilité et une plus grande sûreté de construction.

Quand les fiches sont enfoncées dans les jacks des deux lignes à relier, et que, pour l'instant, nous supposons bifilaires, les ressorts C*n* des deux jacks communiquent à travers le cordon souple, les deux massifs A sont dans le même cas, et les abonnés peuvent causer entre eux. Mais les ressorts C*n* sont soulevés en *n*, les contacts *m* n'existent plus; les annonciateurs sont donc séparés du circuit. Les abonnés ne semblent donc pas pouvoir donner le signal de fin de conversation. En réalité, l'on retrouve par ailleurs l'annonciateur nécessaire. Il fait partie d'un ensemble dont nous avons maintenant à nous occuper, et qui est, plus encore que la forme des jacks, une caractéristique du standard.

Avant d'en aborder l'examen, nous rappellerons brièvement un mode d'exploitation qui date des premières années de l'industrie téléphonique, et dont l'exemple subsiste dans certains réseaux (*). Supposons

(*) V. *Annales télégraphiques*, t. XI, 1884, p. 299 et *le Téléphone*, par le comte du Moncel, 5e édition, p. 300.

que l'abonné 25 veuille correspondre avec l'abonné 40. Il sonne; l'annonciateur fonctionne au poste central. L'employé prend une fiche spéciale dépendant de son poste de service (microphone et téléphone), la porte sur la ligne de l'abonné 25; nous admettons qu'il n'a point à le rappeler et que l'abonné a porté le récepteur à l'oreille; l'abonné avise l'opérateur qu'il demande 40. L'opérateur enlève sa fiche de service, la retire, la transporte sur la ligne 40, sonne 40 et enlève sa fiche. Entre temps, il a enfoncé dans chacun des jacks l'une des fiches d'un cordon souple. Au total six manœuvres de fiches et un appel, les manœuvres de fiches entraînant des mouvements de bras d'une certaine amplitude. Sur les six manœuvres de fiches, quatre semblent inutiles, puisque deux d'entre elles (retirer les fiches de service) sont destinées à en annuler deux autres.

Supposons maintenant qu'il n'existe pas de fiche de service. Quand 25 appelle, enfonçons dans son jack la fiche du cordon qui la réunira à 40; si ce cordon, au lieu de flotter librement, communique avec un système de ressorts que le jeu d'un levier amène en communication avec le poste de service, une simple pression sur ce levier nous permettra de parler et de recevoir la demande de 25. Laissant le levier dans la position que nous lui avons donnée, nous porterons alors la seconde fiche du cordon sur la ligne 40; avec un bouton de sonnerie convenablement disposé, nous appellerons 40, et si l'emplacement du levier est convenablement choisi, un léger déplacement de la main suffira pour le ramener à sa position de repos. Ainsi, pour arriver au même résultat que ci-dessus, nous aurons porté deux fiches dans les jacks, appuyé deux fois sur le levier et une fois sur le bouton d'appel, soit au total

cinq opérations, dont les trois dernières se font dans un rayon de quelques centimètres et n'exigent de la main qu'un déplacement très réduit. Nous avons donc supprimé deux opérations sur sept et rendus plus rapides les cinq qui subsistent. Pour nous, nous voudrions aller plus loin et n'en laisser subsister que quatre : l'une d'elle en effet devrait disparaître, celle consistant à manœuvrer le levier pour se mettre en communication avec les lignes reliées au cordon souple. Quand, recevant un appel, nous prenons une fiche et l'enfonçons dans le jack correspondant à l'annonciateur tombé, il est certain qu'il nous faudra parler à l'abonné demandeur; puis il nous faudra parler à l'abonné demandé, et cela sans avoir eu à déplacer le levier dans l'intervalle. On ne s'explique donc pas que, dans la position de repos, les cordons ne communiquent pas en permanence avec le poste de service, ce qui ferait disparaître la première manœuvre. Par contre, la seconde manœuvre du levier subsisterait et il resterait, pendant la conversation, dans ce que nous nommerons la position de travail. On y trouverait, en plus, cet avantage qu'à la fin de la conversation, le téléphoniste ayant à vérifier, en écoutant, si la conversation est bien terminée, n'aurait qu'*un* mouvement à imprimer au levier, et du même coup le ramènerait au repos; en réalité, ce n'est pas un mouvement que nous gagnerions sur l'ensemble, mais deux.

Nous verrons tout à l'heure qu'on pourrait atteindre aisément ce résultat.

Quoi qu'il en soit, les standards fonctionnent aujourd'hui dans les conditions que nous venons d'exposer; nous allons examiner par quelles combinaisons d'organes.

Devant le panneau vertical qui porte les jacks et les annonciateurs est disposée une tablette horizontale sur laquelle sont fixées les clefs nécessaires aux opérations que nous avons dites. La fiche terminale EFG (*fig.* 5 et 6) de chaque cordon reposant dans une alvéole LM, est

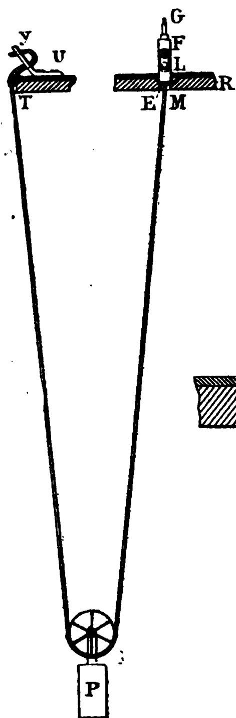


Fig. 5.

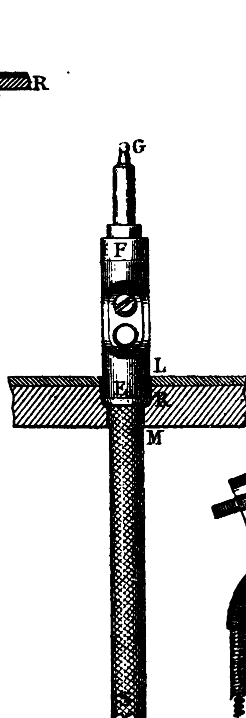


Fig. 6.

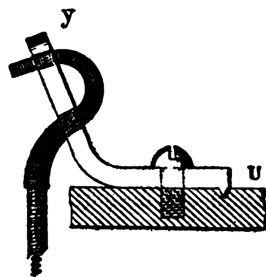


Fig. 7.

maintenue verticale par la tension que reçoit du poids *p* le cordon EST : celui-ci vient vers T se rattacher à une équerre ouverte UY, percée de deux trous (*fig.* 5 et 7). Le bout dénudé d'un conducteur de cordon s'engage en zigzag dans les deux et prend sur l'équerre un contact qui, paraît-il, donne toute satisfaction; cette disposi-

tion est commode, quand, par hasard, il y a lieu de remplacer les cordons. L'équerre UY représente donc l'extrémité du conducteur et, dorénavant, lorsque nous parlerons de raccord entre un conducteur de cordon et les diverses clefs, il sera entendu que le fil de communication est attaché à l'équerre et non directement au conducteur.

Le cordon dont nous venons de parler est évidemment complété par un autre semblable qui fournit la seconde fiche dont nous avons besoin pour établir la communication. Tout se passe comme si l'on avait coupé vers le milieu les conducteurs qui réunissent les fiches par paires. Ceci posé, voici comment on a tiré parti de cette coupure des conducteurs en deux morceaux.

Considérons d'abord le cas le plus important de beaucoup, celui du montage pour lignes à deux fils, soient (*fig.* 8) :

$f\varphi, f'\varphi'$ les deux fiches qui appartiennent à une même paire.
f, f' les broches centrales de ces fiches.
φ, φ' les cylindres concentriques et extérieurs aux broches.
c, c' les clefs d'appel.
d, d' les butoirs de repos des clefs.
b, b' les butoirs de travail en communication avec un pôle de pile ou de tel autre générateur d'électricité G qu'on jugera convenable.
E annonciateur de fin de conversation.
e, e_1 butoirs en communication avec l'annonciateur E.
i, i_1 butoirs en communication avec le poste de service.
I circuit induit du microphone de service.
T téléphone de service.
F, Φ ressorts en contact, au repos ou pendant la conversation des abonnés, avec e, e_1 et, pendant les manœuvres que doit faire l'opérateur, avec i, i_1.
g plot communiquant avec le second pôle du générateur G.
h plot communiquant avec F, f et f'.
K ressort reliant g et h pendant les opérations du poste central. La manœuvre de K se fait automatiquement en même temps que celle par laquelle on amène F et Φ au contact avec i et i_1.

Nous ajouterons que le téléphone T est maintenu

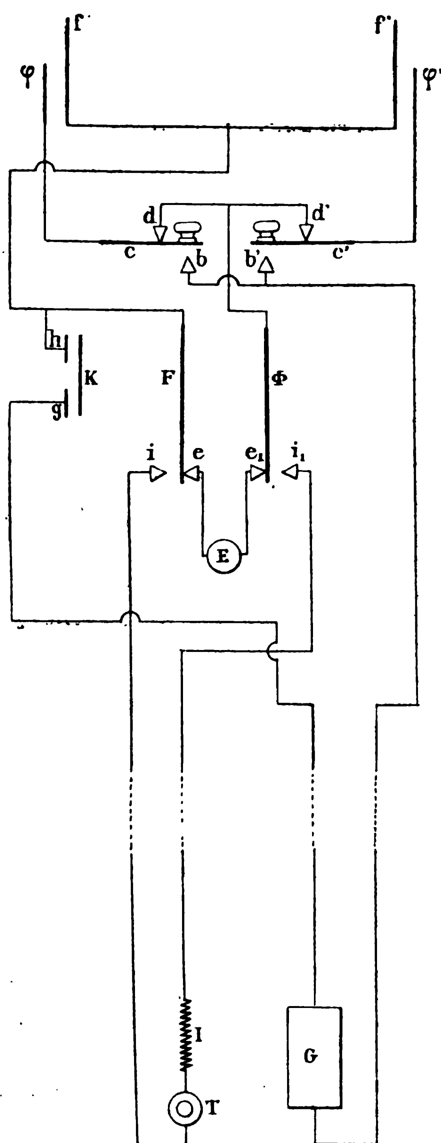


Fig. 8.

constamment à l'oreille de l'opérateur et que celui-ci a ses deux mains complètement libres.

Dans l'hypothèse où nous nous étions placés tout à l'heure, l'abonné 25 appelle et fait tomber au poste central le volet de son annonciateur. Le téléphoniste, d'une main saisissant la fiche $f\varphi$, l'enfonce dans le jack 25 et, de l'autre, pousse le levier qui commande les ressorts F, Φ et K. Il demande : « quel numéro ? », reçoit la réponse : « 40 », et comme, en écoutant 25, il a déjà saisi la seconde fiche $f'\varphi'$, il lui suffit de la porter sur le jack 40 et d'appuyer sur la clef c'. Dès ce moment, les deux lignes 25 et 40 sont reliées et l'abonné 40 appelé. Le téléphoniste peut se retirer, ramener, par le levier déjà manié, F et Φ en contact avec e, e_1, c'est-à-dire avec les fils de l'annonciateur de fin de conversation E, isoler du même coup g et h et vaquer à une autre communication.

Une fois la conversation terminée, les abonnés sonnent, font tomber le volet de l'annonciateur E, l'employé retire des jacks les deux fiches qui, tirées par le poids tenseur, reviennent se placer dans leur alvéole sans presque avoir besoin d'être guidées.

On comprend la rapidité qu'on obtient d'un service ainsi conduit.

Nous n'ignorons pas que la procédure ci-dessus diffère à certains égards de celle conservée jusqu'ici dans quelques réseaux.

En effet, aujourd'hui encore : 1° le demandeur, après avoir sonné, attend d'être rappelé par le bureau pour prendre le téléphone à l'oreille ; il fait sa demande, puis remet le téléphone au crochet ; 2° l'employé, après avoir sonné l'abonné demandé, sonne à nouveau le demandeur pour le rappeler à l'appareil ; 3° l'employé,

après avoir relié définitivement les lignes, écoute sur le circuit jusqu'à ce que la conversation soit engagée; 4° l'employé, recevant le signal de fin de conversation, se porte sur le circuit et constate que les abonnés ne parlent plus.

Ces règles de service doivent-elles être conservées toutes quatre? Nous ne le pensons pas. A l'appui de la première, exigeant le rappel de l'abonné demandeur par le bureau, nous ne voyons qu'une seule raison à invoquer, la lenteur du service qui empêche le bureau de répondre au demandeur dans un délai assez court pour que le demandeur prenne et garde le téléphone à l'oreille jusqu'à cette réponse. Si cette lenteur disparaît, si, au bout de 10 ou 15 secondes, le bureau est en mesure de faire sa question: « Quel numéro? », d'eux-mêmes les abonnés du réseau prennent le téléphone à l'oreille après avoir sonné le bureau central. Au reste cette procédure est tellement naturelle que nous pourrions citer tel réseau à service lent où maintes fois les abonnés, agissant ainsi et recevant alors dans l'oreille la sonnerie du bureau, se plaignent non sans vivacité d'un désagrément auquel ils ne trouvent aucune justification. Rendre réglementaire pour l'abonné de décrocher le téléphone et de le porter à l'oreille dès qu'il a sonné est on ne peut plus aisé dans les réseaux de création nouvelle et serait une des mesures les plus faciles à généraliser dans les réseaux anciens où elle n'existe pas aujourd'hui, pourvu que le service y fût rapidement fait.

Il va de soi qu'en pareil cas, le demandeur continuerait à conserver le téléphone à l'oreille pendant les deux secondes que le téléphoniste mettrait à relier sa ligne à celle du demandé et à appeler celui-ci; à ce mo-

ment, il n'aurait plus qu'à guetter l'arrivée de son correspondant à l'appareil.

Ici l'on objecte, pour les réseaux anciens, que l'abonné, accoutumé par un service lent à prendre son temps, se pliera difficilement à répondre vite; les apparences, nous le reconnaissons, donneraient quelques poids à l'objection; mais, en réalité, l'on s'aperçoit que les abonnés, quand ils ont par eux-mêmes la preuve que le bureau opère rapidement, savent parfaitement s'en prendre à leur correspondant du retard qu'ils subissent: une sorte de police mutuelle s'exerce entre les intéressés, qui s'entraînent les uns les autres.

Comme on le comprend et comme les faits constatés le démontrent, le temps ainsi gagné sur chaque mise en communication est considérable; le bureau dispensé de sonner une première fois pour répondre, une seconde fois pour rappeler, dispensé de guetter le commencement de la conversation, peut établir une autre communication dans le temps qu'il aurait consacré à ces trois opérations. Si, par circonstance exceptionnelle, le demandeur attend trop longtemps son correspondant et juge utile de rappeler le poste central pour l'en aviser, celui-ci perdra alors, dans cette circonstance particulière, l'avantage que lui procure en temps normal la suppression des opérations ci-dessus; mais au moins l'on n'aura pas, en vue de cas peu nombreux et exceptionnels par rapport au nombre total de communications, imposé à ces communications mêmes une lenteur sans objet. D'ailleurs, en pratique, le téléphoniste a presque toujours le temps, dans l'intervalle de deux communications suivantes, de pousser le levier qui lui permet de contrôler pendant un instant, sur une communication déjà établie, si la conversation est en cours.

Les trois premières règles que nous avons signalées nous paraissent donc nuisibles et condamnées à disparaître.

Nous serons moins affirmatifs en ce qui concerne la quatrième. Dans les réseaux chargés, il existe des catégories d'abonnés qui ont besoin de transmettre successivement les mêmes renseignements à diverses personnes ou de les leur demander, par exemple des cours de valeurs ou de marchandises. Or si l'employé, recevant le signal de fin de conversation, se porte sur la la ligne, il peut être averti par l'abonné de le mettre en communication avec une autre personne; il y aura donc ici temps gagné.

On ne se dissimulera pas néanmoins que ce mode d'opérer tombe sous la critique que nous adressions plus haut à l'une des trois premières règles; il semble qu'on veuille, pour quelques abonnés exceptionnels, adopter une mesure générale sans raison d'être pour les autres, cela au risque de perdre à chaque communication le temps nécessaire à se porter sur la ligne, alors qu'il est de notoriété que les abonnés, après avoir donné le signal de fin de conversation, quittent l'appareil et se mettent fort peu en peine de confirmer au poste central qu'ils ont terminé. Nous serions en effet portés à supprimer pour l'employé l'obligation de se porter sur la ligne à la fin de chaque conversation, s'il n'était aisé de conserver cette procédure avantageuse en certains cas sans ralentir le service. C'est ici qu'apparaît la modification suivante des manœuvres du standard à laquelle nous avons fait allusion au début. Au repos, les fiches communiquent avec le microphone et le téléphone de service; l'employé devra, dans l'*établissement* d'une communication, toucher au levier une seule

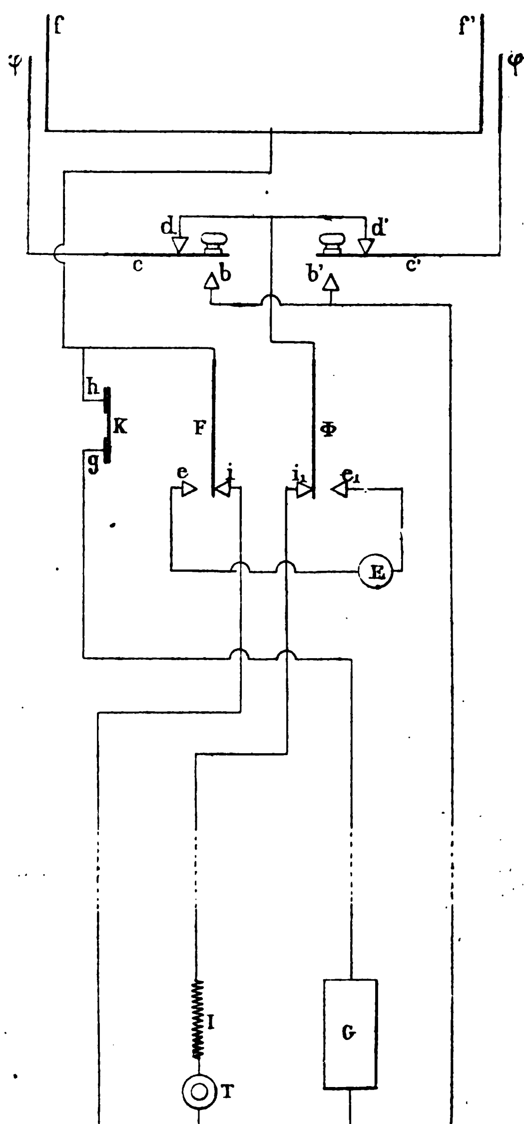


Fig. 9.

fois pour retirer son poste du circuit, au lieu de deux fois comme précédemment pour l'y introduire, puis pour l'en retirer. Dans notre nouvelle hypothèse, le second mouvement, ramenant le levier au repos, se fera seulement après la conversation et reliera automatiquement le poste de service et la fiche, encore en place, de l'abonné demandeur. Si donc il a besoin d'une nouvelle communication, il la demandera de suite. D'autre part, s'il n'en a pas besoin, les opérations n'auront pas été allongées, car, de même qu'avec le montage actuel, la première manœuvre du levier s'effectue en même temps qu'on enfonce la fiche dans le jack du demandeur, de même ici la deuxième se fera pendant qu'on relèvera le volet de l'annonciateur de fin de conversation ou qu'on enlèvera la fiche de l'abonné demandé (*). Il n'y a pas accroissement du temps total, il y a simple déplacement d'un mouvement. Dans l'hypothèse où nous venons de nous placer, les communications seraient, au repos, celles de la *fig.* 9; i et i_1 sont en contact avec F et Φ; h et g sont reliés.

(*A suivre.*) G. DE LA TOUANNE.

(*) Le cas où ce serait l'abonné demandé et non le demandeur qui aurait besoin immédiatement d'une nouvelle communication est tellement rare qu'on peut le négliger dans le service courant et le traiter comme celui d'une communication entièrement nouvelle.

NOTES SUR LA TÉLÉPHONIE A BERLIN

(NOVEMBRE 1889)

(Suite) (*).

Avec un réseau aérien aussi dense qu'à Berlin, la masse des fils téléphoniques qui converge au-dessus des bureaux centraux est considérable; aussi les herses de concentration surmontant ces bâtiments constituent-elles des appareils très compliqués et très lourds. Cette lourdeur s'accroît aussi de celle des fils, encore dans bien des cas en acier. Les conducteurs sont amenés à l'aide de câbles sous plomb jusqu'à des conjoncteurs métalliques placés dans les salles d'accès; de là, conduits aux paratonnerres installés dans les mêmes pièces, immédiatement sous les toits; et enfin amenés aux commutateurs au moyen de paraffinés. Un employé spécial est chargé de la surveillance et de l'entretien des herses de concentration, des chambres d'accès et des paratonnerres; il numérote les fils, tient constamment à jour des tableaux où figurent en regard du numéro de la ligne celui du brin et de l'annonciateur. Les paratonnerres employés sont formés d'une plaque de cuivre intermédiaire reliée à la terre, de part et d'autre de laquelle aboutissent, à une distance micrométrique, 25 pointes de vis intercalées dans le circuit du conducteur téléphonique. Chaque paratonnerre sert de la sorte à 50 conducteurs.

(*) Voir les *Annales télégraphiques*, 1890, p. 204.

Nous avons trouvé les mêmes paratonnerres au bureau central télégraphique, où ils étaient montés dans des armoires vitrées et soigneusement closes. Les commutateurs multiples renferment, ainsi que nous l'avons dit, 1.000 jackknives affectés aux communications auxiliaires, sur 5.000 réservés aux fils directs d'abonnés. La constitution du réseau des communications auxiliaires est ainsi basée sur la proportion de 10 p. 100. Il est bien évident que ces communications ne sont pas réparties uniformément dans chaque ligne de bureau à bureau. Le nombre des fils constituant ces lignes est donné par l'expérience et dépend du trafic téléphonique entre les deux bureaux extrêmes, comme aussi du nombre des abonnés reliés à ces derniers. Il est aisé de voir, au surplus, que lorsque le réseau aura atteint le chiffre maximum supposé de 30.000 abonnés, la proportion précédente de 10 p. 100 donnera une moyenne générale de 1 fil auxiliaire pour 10 abonnés. Chacun des bureaux centraux desservira en effet 5.000 abonnés; le nombre total des lignes auxiliaires de bureau à bureau sera de $\frac{6 \times 5}{2} = 15$, et le nombre des lignes aboutissant à un même bureau, de 5. Ces cinq lignes devant se partager 1.000 fils, chacune d'elles en recevra une moyenne de 200. Le nombre total sera de 15×200 ou 3.000, soit 1 fil pour 10 abonnés.

Les besoins du trafic téléphonique n'ont pas jusqu'ici réclamé un service de nuit. Le service commence, à Berlin, à 7 heures du matin pour clôturer à 10 heures du soir. Dans les localités annexes, il prend à 7 heures du matin en été et 8 heures en hiver, pour finir invariablement à 9 heures du soir. Comme nous verrons

plus tard, on a réparti les annonciateurs par groupes de 200; en sorte que le jeu complet d'un commutateur est essentiellement formé d'un groupe de tableaux renfermant au total 6.000 jackknives et 200 annonciateurs ; et on a jusqu'ici admis en thèse générale la présence simultanée de trois employés pour desservir un de ces jeux complets. Les employés étant répartis en deux brigades, un groupe de 200 annonciateurs exige donc en réalité six téléphonistes manipulants. La moyenne journalière des communications par abonné étant environ de 12 (*), les 200 abonnés desservis fournissent un total de 2.400 communications à établir, ce qui correspond environ au chiffre de 400 par employé. De fait, le nombre exact que nous ont donné les statistiques consultées à Berlin est de 419. La moyenne ci-dessus de 12 communications journalières a souvent atteint le chiffre de 18,3, qui entraîne à 610 communications par téléphoniste. Enfin, avec le multiple Scribner, on a réussi à réduire à deux le nombre des employés d'une brigade attachés à un même commutateur ; en sorte que chacun de ces agents fournit normalement la moyenne approximative précédente de 600 communications par jour. Les renseignements que nous avons recueillis confirment que ce chiffre ne présente rien d'exagéré, et c'est, paraît il, d'après cette base que sera définitivement assuré le service du nouveau réseau téléphonique de Berlin. En novembre 1889, le personnel comprenait au total 486 manipulants et 50 chefs de bureaux, secrétaires ou commis aux écritures.

(*) Il convient de distinguer ici les communications des conversations. Chaque conversation peut donner lieu à l'établissement de plusieurs communications.

Du bureau central n° 1 (contigu au central télégraphique) dépendent deux annexes importantes : la salle de concentration des circuits téléphoniques à grande distance et la salle des télégrammes téléphonés, qui sont toutes deux placées sous l'autorité du chef de ce bureau. Les 9 circuits interurbains, dont nous avons déjà parlé, aboutissent à la première salle ; après avoir traversé leurs paratonnerres et un commutateur ordinaire, ils arrivent à deux panneaux d'annonciateurs, qui sont également reliés aux différents centraux téléphoniques. Des employés spéciaux, dont les appareils peuvent être mis en dérivation sur chaque circuit, contrôlent, à l'aide de sabliers ou de montres, la durée des communications ; ils se mettent, le cas échéant, par un jeu de commutateur, en rapport avec l'un ou l'autre des correspondants ; enfin, ils effectuent les manœuvres aux panneaux. Ils tiennent un registre des communications établies et classent par ordre les demandes auxquelles une suite immédiate n'a pu être donnée. Dans une pièce contiguë à la précédente sont dressés les comptes spéciaux des conversations interurbaines, qui sont totalisés par mois et transmis aux bureaux dont relèvent les abonnés et qui sont chargés du recouvrement des taxes. Naturellement, les comptes ainsi établis doivent concorder avec ceux des villes d'origine.

Les télégrammes téléphonés donnent lieu, en sus du prix ordinaire, à une surtaxe fixe de 50 pfennigs par télégramme, plus une surtaxe proportionnelle de 1 pfennig par mot. Des appareils spéciaux sont réservés au service de ces télégrammes, et mis en rapport avec le central télégraphique d'une part, avec le central téléphonique n° 1 d'autre part, ou avec la salle

de concentration des circuits interurbains, en vue des communications directes à établir avec les correspondants.

Le nombre des cabines téléphoniques livrées au public s'élevait à 113, dont 88 à la Bourse, 14 en ville et 11 dans la banlieue. Ce nombre devait s'accroître de 7 autres en cours d'installation.

Trois cabines montées dans une salle spéciale, près de la salle d'attente du central télégraphique, ont surtout frappé notre attention par le luxe qui avait présidé à leur installation. Elles fournissaient une moyenne totale de 20 conversations journalières. L'intérieur de ces cabines est capitonné d'une épaisseur de $0^{m},01$ de feutre. Elles sont éclairées par des lampes électriques et munies d'un gradin pour les personnes de petite taille. Les parois en sont formés de deux épaisseurs de $0^{m},03$ de bois comprenant un matelas de $0^{m},04$ de gravier.

La liste et l'emplacement des cabines publiques figurent au recueil des abonnés. Celles de la Bourse, au nombre de 88, comme nous venons de le dire, sont installées dans un vaste sous-sol, d'accès large et facile. Elles sont disposées, de part et d'autre d'un dégagement central, sur quatre rangées, deux de chaque côté, séparées par un petit couloir où sont suspendues des lampes à incandescence dont chacune éclaire ainsi deux cabines. Au milieu du local rectangulaire sont disposées symétriquement quatre petites pièces pour le service, dans chacune desquelles est placé en permanence un employé. Cet agent, chargé d'un nombre déterminé de cabines, en détient les clés, donne les communications à un commutateur monté au fond de la pièce et contrôle les conversations à

l'aide d'un téléphone placé en dérivation. Tandis que le client se rend à la cabine, cet agent est en rapport avec le central téléphonique, et la communication gagne ainsi en rapidité. Un seul employé dessert le central téléphonique n° 1, dont le trafic avec la Bourse est de beaucoup le plus chargé; un deuxième est chargé spécialement des dernières cabines affectées aux communications interurbaines, et dont il peut surveiller l'entrée à travers un petit carreau. Ajoutons qu'à des heures déterminées, la salle de concentration des circuits interurbains établit en direct avec la Bourse quelques-uns de ces circuits, les deux d'Hambourg, notamment, pour accélérer les transmissions téléphoniques. Des tuyaux traversant les cloisons des quatre salles précédentes servent à la restitution des clés après usage des cabines, sans qu'il soit besoin d'entrer en rapport avec l'agent ou d'ouvrir un guichet.

Les quatre commutateurs montés dans ces salles n'ont qu'un rôle ordinaire à remplir, c'est de mettre l'agent en rapport avec les centraux téléphoniques; de donner les communications avec les cabines de la Bourse; et, en cas de besoin, de permuter des cabines. Mais un cinquième commutateur, celui-ci à quatre panneaux, monté dans la salle n° 1, permet d'établir en direct, en dehors des heures de bourse, les conducteurs y aboutissant; et, partant, d'utiliser ces fils comme communications auxiliaires entre centraux téléphoniques.

Les 88 cabines sont reliées par fils spéciaux, ainsi qu'il suit:

	37	au bureau central	téléphonique	n° 1
	4	—	—	2
	7	—	—	3
	5	—	—	4
	7	—	—	5
	5	—	—	6
	3	—	—	7
	7	—	—	8
	3	—	—	9
Total.	78			

4 autres cabines sont réservées au trafic avec Hambourg, qui donne à lui seul une moyenne journalière de 50 conversations urgentes. Enfin, les 6 dernières cabines sont affectées au reste du réseau interurbain. Il n'y a évidemment rien d'absolu dans toutes ces affectations; car, ainsi que nous l'avons vu, les commutateurs permettent de permuter les cabines en cas de nécessité; le réseau auxiliaire de la Bourse à la salle de concentration des circuits interurbains comprend 10 conducteurs.

Un abonné ordinaire n'a pas l'usage gratuit du téléphone de la Bourse. Il est exigé pour cette dernière un abonnement spécial complémentaire de 170 marks, sur lesquels 70 reviennent à l'État et 100 à l'administration de la Bourse, qui a payé les cabines et qui fournit gratuitement les locaux et la lumière. Il est bien entendu d'ailleurs que cet abonnement spécial est entièrement indépendant de l'abonnement complémentaire de 50 marks applicable aux réseaux suburbains. Les noms des abonnés de la Bourse figurent au recueil précédés d'un astérique.

On peut, et c'est là une disposition toute récente, louer une cabine pour son propre usage, de midi à trois heures de l'après-midi, et pour une année, au taux de 575 marks, dont 500 reviennent à l'administration

de la Bourse. Enfin, il y a pour le service téléphonique, comme pour le service télégraphique, des clients qui ne règlent que mensuellement les taxes de leurs conversations. Ils ne fournissent une caution, calculée sur la même base que pour le télégraphe, qu'autant qu'ils n'ont pas d'abonnement télégraphique. Ajoutons que la plupart des habitués de la Bourse usent de cette dernière faveur, qui est très appréciée et leur donne une grande liberté dans les allées et venues et l'usage du téléphone.

A ce propos, il ne sera peut-être pas inutile de dire un mot de l'abonnement télégraphique. Nous en parlerons dans notre prochain article.

X. SCHAEFFER.

La suite de l'intéressant travail qu'avait entrepris M. Schaeffer est interrompue par la mort de ce regretté collaborateur des *Annales*.

SUR LA FORCE ÉLECTROMOTRICE

NÉCESSAIRE POUR PRODUIRE UN COURANT D'INTENSITÉ VARIABLE LE LONG D'UN CONDUCTEUR CYLINDRIQUE

(Suite) (*).

Dans toutes les applications pratiques une approximation de 2 p. 100 est plus que suffisante, et par suite, dans la plupart des cas, la lecture de la courbe suffira.

On peut essayer cependant de représenter cette courbe par un ensemble de formules simples.

Ainsi, de $x=0$ à $x=1$, on peut écrire $y=1$ avec une erreur relative pratiquement nulle.

De $x=3$ à $x=20$, on a sensiblement une droite d'après la courbe, et l'on voit en effet que l'on peut appliquer la formule y

$$y = 0{,}3541\ x + 0{,}2614$$

avec une erreur inférieure à 6 p. 1000 quel que soit x.

Le tableau suivant démontre cette proposition.

VALEUR de x	VALEUR DE y d'après Thomson	VALEUR DE y d'après la formule	DIFFÉRENCE	ERREUR relative
20,0	7,3250	7,3434	+ 0,0184	0,0025
15,0	5,5732	5,5732	»	»
10,0	3,7940	3,8024	+ 0,0084	0,0022
8,0	3,0956	3,0942	— 0,0014	0,0005
6,0	2,3937	2,3860	— 0,0077	0,0032
5,5	2,2190	2,2090	— 0,0100	0,0045
5,0	2,0430	2,0329	— 0,0108	0,0050
4,5	1,8628	1,8550	— 0,0078	0,0042
4,0	1,6778	1,6780	+ 0,0002	0,0001
3,5	1,4920	1,5010	+ 0,0090	0.0060
3,0	1,3186	1,3240	+ 0,0054	0,0041
2,5	1,1747	1,1470	— 0,0277	0,0240

(*) Voir les *Annales télégraphiques* de 1890, p. 232.

Enfin de $x = 1$ à $x = 3$, nous avons une courbe de raccordement qui s'exprime avec une erreur inférieure, elle aussi, à 6 p. 100 par la parabole

$$y = 0{,}0788x^2 - 0{,}1559x + 1{,}0771$$

ainsi que le montre le tableau ci-dessous.

VALEUR de x	VALEUR DE y d'après Thomson	VALEUR DE y d'après la formule	DIFFÉRENCE	ERREUR relative
3,0	1,3186	1,3186	»	»
2,5	1,1747	1,1799	+ 0,0052	0,0044
2,0	1,0805	1,0805	»	»
1.5	1,0258	1,0206	— 0,0052	0,0051
1,0	1,0001	1,0000	»	»

Ainsi, en résumé, la table de Sir William Thomson peut se représenter avec une approximation supérieure à 6 p. 1.000, c'est-à-dire beaucoup plus considérable que celle dont on peut avoir besoin dans n'importe quel cas de la pratique, par l'ensemble des trois formules :

$$(1) \begin{cases} \text{De } x = 0 \text{ à } x = 1 & y = 0 \\ \text{De } x = 1 \text{ à } x = 3 & y = 0.0788x^2 - 0{,}1559x + 1{,}0771 \\ \text{De } x = 3 \text{ à } x = 20 & y = 0{,}3541x + 0{,}2614 \end{cases}$$

On peut enfin chercher à représenter l'ensemble de la table de Thomson par une seule équation. Cette recherche est assez pénible comme calculs et donnera nécessairement une formule plus compliquée que les précédentes et s'appliquant avec une erreur plus considérable. Cependant il y a des cas où il est intéressant de représenter une courbe ou une table par une seule formule approchée.

Dans le cas présent, l'équation

$$(2) \quad y = 0{,}36768 + 0{,}009266x + \frac{3{,}30566}{x^4} + \sqrt{0{,}1153x^2 - 0{,}2593}$$

représente la table de Thomson avec une approximation qui n'est pas inférieure à $\frac{1}{28}$, approximation généralement suffisante dans la pratique. Le tableau suivant donnera la démonstration de cette concordance.

VALEUR de x	VALEUR DE y d'après Thomson	VALEUR DE y d'après la formule	DIFFÉRENCE	ERREUR relative pour 100
1,5	1,0258	1,0348	+ 0,0090	0,87
2,0	1,0805	1,0424	— 0,0381	3,53
2,5	1,1747	1,1705	— 0,0042	0,36
3,0	1,3186	1,3186	»	»
3,5	1,4920	1,5085	+ 0,0165	1.10
4,0	1,6778	1,6769	— 0,0009	0,08
4,5	1,8628	1,8582	— 0,0046	0,25
5.0	2,0430	2,0389	— 0,0041	0,20
5,5	2,2190	2,2188	— 0,0002	»
6.0	2,3937	2.4005	+ 0,0068	0,28
8,0	3.0956	3,1109	+ 0,0153	0,50
10,0	3,7940	3,8148	+ 0,0208	0,55
15,0	5,5732	5,5746	+ 0,0014	0,07
20,0	7,3250	7,3250	»	»

Remarquons que nous ne comparons la formule à la table que pour les valeurs de x croissant à partir de 1,5. C'est qu'en effet pour $x = 1{,}5$ le terme placé sous le radical s'annule, et il devient négatif pour des valeurs inférieures de la variable. Par conséquent, pour $x < 1{,}5$, la formule donne pour y une valeur imaginaire. Il n'y a là aucun inconvénient, car on se souvient que jusqu'à $x = 1{,}5$ on peut prendre $y = 1$ avec une erreur relative inférieure à $\frac{1}{40}$.

Avant d'abandonner cette étude de la courbe représentative de la table de Sir William Thomson, nous tenons à faire encore une remarque. Nous avons pu représenter les valeurs de x comprises entre 3 et 20, les valeurs de y par une droite ou une branche d'hyperbole avec une grande exactitude. Sur la courbe, la

partie comprise de $x = 3$ à $x = 10$ paraît rigoureusement droite : les points correspondant à $x=15$ et $x=20$ sont déjà situés visiblement au-dessus de cette droite. L'examen des différences entre les chiffres donnés par la table et ceux donnés par la troisième des formules (1) ou par la formule (2), montre que la courbe possède une concavité nettement marquée vers les y négatifs. Par conséquent les formules que nous avons admises ne sont valables que strictement entre les limites que nous avons définies ; nous n'aurons pas le droit de nous en servir pour extrapoler, si nous avons des valeurs de x supérieures à 20. En particulier, ces formules nous donneraient sur la valeur limite de y, lorsque x croît indéfiniment, des indications probablement fausses.

Il nous reste maintenant à donner la formule qui permet de déterminer la valeur du paramètre x pour un fil fait en un métal quelconque, parcouru par un courant alternatif de fréquence quelconque. Cette formule découle immédiatement de l'équation

$$\beta = \frac{\mu\omega}{R},$$

que nous avons exposée dans notre précédent article. Si a désigne le rayon du conducteur, et $N = \frac{\omega}{2\pi}$ la fréquence du courant, R_0 la résistance du fil de diamètre égal à 1 millimètre, nous aurons

$$R = \frac{R_0}{\pi a^2},$$

et par suite

$$\beta = \frac{2\pi^2 a^2 N\mu}{R_0}.$$

Pour un conducteur en cuivre, parcouru par un cou-

rant de 80 périodes, nous aurions

$$\beta' = \frac{2\pi \times 80 \times 100 \frac{\pi x^2}{4}}{R'_0}.$$

La valeur cherchée de x s'obtiendra immédiatement en faisant

$$\beta = \beta'$$

ou

$$\frac{2\pi^2.a^2N\mu}{R_0} = \frac{2\pi^2 2000 x^2}{R'_0}$$

ou enfin

$$x = a\sqrt{\mu \frac{N}{2000} \cdot \frac{R'_0}{R_0}}.$$

Si, par exemple, nous employons un fil de fer pour lequel

$$R_0 = 16.10^5 \qquad R'_0 = 20,5.10^4,$$

nous aurons

$$(3) \qquad x = 0,008002 a\sqrt{N\mu}.$$

Si, par exemple, nous prenons un fil de 4 millimètres pour lequel nous ferons

$$a = 2 \qquad \mu = 300 \qquad N = 500,$$

nous obtiendrons

$$x = 6,198$$

d'où

$y = 2,45$ d'après la courbe (*fig.* 1),
$y = 2,4581$ d'après la formule (1).

Pour les conducteurs en cuivre, nous emploierons une formule un peu différente; il est plus courant, en effet, de désigner les gros câbles par leur section que par leur rayon. Si S désigne cette section, évaluée en millimètre carré, nous aurons

$$S = \pi \iota^2 \qquad R'_0 = R_0.$$

et par suite

$$x = 0{,}01262\sqrt{\mathrm{NS}}. \qquad (5)$$

Si nous considérons un câble de 1.000 millimètres carrés de section parcouru par un courant de fréquence 166, nous obtiendrons

$$x = 5{,}141,$$

et par suite

$$y = 2{,}05 \text{ d'après la courbe } (fig.\ 1),$$
$$y = 2{,}0820 \text{ d'après la formule } (1).$$

Ce nombre concorde bien avec celui que nous avions trouvé par le calcul direct des séries.

Les formules que nous venons d'écrire donnent, jointes à la table de Sir William Thomson, à la courbe ou à la formule représentatives de cette table, la solution complète et immédiate du problème : quelle est la résistance réelle d'un conducteur donné soumis à un courant alternatif de fréquence donnée?

Nous allons encore nous en servir pour chercher entre quelles limites la fréquence du courant alternatif peut varier pour un fil de fer ($\mu = 300$), si l'on s'assujettit à ne pas sortir de la table de Thomson. La limite inférieure de la fréquence est évidemment zéro. La limite supérieure sera donnée par l'équation

$$20 = 0{,}008002a\sqrt{\mathrm{N}\mu}.$$

Or nous avons

$$6{,}198 = 0{,}008002a\sqrt{500\mu};$$

donc

$$\mathrm{N} = 500 - \left(\frac{20}{6{,}198}\right)^2$$

d'où

$$\mathrm{N} = 5206.$$

Les vibrations perceptibles à l'oreille humaine pou-

vant aller jusqu'à 20.000 périodes par seconde, la table de Thomson et les formules empiriques qui en dérivent ne permettront pas d'examiner ce qui se passe pour les harmoniques les plus élevées de la voix humaine lorsque la conversation a lieu à travers un fil de fer. Cependant on peut admettre que les sons plus élevés que celui de 5.206 périodes par seconde n'ont en général qu'une influence médiocre, et que par suite la table de Thomson est assez étendue pour permettre d'étudier la transmission téléphonique de la parole à travers les fils de fer.

E. Brylinski.

Ingénieur des télégraphes.

DES

EFFETS DES COURANTS CONTINUS OU ALTERNATIFS

SUR LES DIFFÉRENTS CONDUCTEURS

Par William Henry PREECE, F. R. S.

Lorsqu'un conducteur métallique est parcouru par un courant alternatif à courte période, ce courant est plus intense à la surface du conducteur que sur son axe. En d'autres termes, la *densité* du courant décroît graduellement de la périphérie au centre. Cette décroissance, très peu accentuée pour les fils de faible diamètre, est d'autant plus rapide que le conducteur est plus gros et que la fréquence (ou nombre de périodes par seconde) du courant est plus grande. Il peut même arriver que la densité du courant soit pratiquement nulle à l'intérieur du conducteur à partir d'une certaine distance de la surface, 3 ou 4 millimètres par exemple; la partie intérieure non parcourue par le courant devient alors inutile, et il y aurait économie à remplacer le conducteur plein par un conducteur creux d'égal diamètre, mais de 3 ou 4 millimètres d'épaisseur seulement.

C'est là du moins une conclusion à laquelle sir W. Thomson est arrivé par un calcul théorique et qu'il a communiqué en juin 1888 à la Société française de physique.

La théorie a été indiquée en principe par Maxwell dans son *Traité d'électricité et de magnétisme* (§ 689); mais elle a été surtout développée par lord Rayleigh, O. Heaviside (*Philosophical Magazine*), etc., à la suite des recherches expérimentales de M. Hughes (1886), qui ont attiré l'attention des électriciens sur cette question. Elle a été exposée dans ce recueil (*) par M. Brylinski.

Si la densité du courant alternatif est sensiblement moindre sur l'axe d'un conducteur qu'à sa surface, ou, *à fortiori*, si cette densité est pratiquement nulle dans la partie centrale, le courant étant en quelque sorte relégué à la périphérie, le conducteur plein jouera le même rôle qu'un conducteur creux de section moindre. *Sa résistance apparente pour le courant alternatif sera donc supérieure à sa résistance vraie mesurée en courant continu.* Il en résulte, d'après la loi de Joule, qu'à égale intensité de courant, l'échauffement du conducteur doit être plus grand par le courant alternatif que par le courant continu. M. Preece a cherché par les expériences décrites ci-dessous à contrôler cette conséquence de la théorie.

Ainsi qu'il le déclare lui-même, il n'a pas pu faire varier la fréquence du courant alternatif dans de très larges limites. D'autre part, le rayonnement de la chaleur et plusieurs autres causes dont il n'a pas été tenu compte ont pu influer sensiblement sur les résultats observés. Enfin le procédé d'observation lui-même ne paraît point des plus délicats. Aussi les conclusions de M. Preece pourront manquer de rigueur aux yeux de plusieurs lecteurs. Néanmoins, en raison

(*) *Annales télégraphiques*, mai-juin 1890, p. 232 et suiv.

de l'intérêt de ces expériences et de la haute valeur du savant qui les a entreprises, nous avons cru devoir en reproduire la description dans ce recueil et publier un extrait du mémoire lu par M. Preece devant les membres de la section A de l'Association britannique, à Newcastle-sur-Tyne, en septembre 1889 :

(*N. de la R.*)

Extrait du mémoire de M. Preece.

I. — Sir William Thomson, à l'assemblée tenue à Bath par l'Association britannique, étonnait le monde des électriciens, en affirmant que les courants alternatifs dont la fréquence était de 150 ne pénétraient qu'à une distance d'environ 3 millimètres dans l'intérieur d'un conducteur de cuivre épais et rond. Cette « loi de diffusion », comme il l'appelait, est basée sur la supposition qu'un courant se meut à la surface du conducteur et pénètre radialement à l'intérieur (*). Elle dépend du coefficient de self induction et de la fréquence, c'est-à-dire du nombre des alternances des courants positifs et négatifs par seconde.

II. — Comme cette loi a une importance considérable au point de vue de la valeur commerciale des systèmes de distribution soumis aux courants alternatifs, il était très utile d'étudier la question pratiquement. La vérification de la loi est presque inaccessible à l'expérience. Mais j'ai pensé qu'en prenant des conducteurs de nature différente, tels que le fer, le cuivre, le plomb et le pla

(*) Cette phrase pouvant être mal interprétée, nous croyons devoir faire observer que le fait en question ne constitue point une *hypothèse* servant de base à la théorie; c'est au contraire une *conclusion* à laquelle conduit celle-ci. (*N. de la R.*)

tine, de longueurs facilement mesurables et de sections convenables, et en y faisant passer des courants variables et mesurables, soit continus, soit alternatifs et sensiblement pareils à ceux qu'on emploie dans la pratique, nous pourrions étudier la question, en notant les changements de température dans les conducteurs. Il m'a semblé que, si elle existe, nous observerions au moins une différence de dépense totale d'énergie dans les conducteurs soumis à ces essais variés. Une augmentation ou une diminution quelconque d'énergie dépensée donnerait une indication sur la loi de diffusion sur de petits conducteurs sans cependant déterminer la distribution actuelle de la densité du courant.

La compagnie de lumière électrique « Eas Hourne » mit ses machines à ma disposition, MM. Bolton et fils me fournirent le cuivre, MM. Frederic Smith et Ce le fer, MM. John Fawles et Ce le plomb, la Compagnie du fil électrique de Londres le platine, et MM. Elwell, Parker et Ce les accumulateurs et un transformateur spécial. J'eus le bonheur d'être secondé par M. Lowice, ingénieur de la Compagnie de lumière électrique, qui construisit l'appareil et nota les observations. Les expériences furent très nombreuses et durèrent très longtemps.

L'appareil employé se composait d'un cadre en bois d'une très grande solidité avec une épaisse barre de fer transversale à la partie supérieure. Cette barre servait non seulement à fixer une des extrémités des conducteurs en essais, mais aussi formait un des pôles des courants. L'extrémité inférieure du conducteur plongeait librement dans une auge en fer qui pouvait à volonté être remplie de mercure et qui servait d'autre pôle. Des étriers et des ressorts étaient disposés de

manière à éviter que les conducteurs ne se plient. Une tige était fixée sur chacun d'eux à une distance de 9 pieds 8 pouces (2^m,946). Elle était destinée à transmettre l'allongement du conducteur à un appareil à miroir qui pouvait être glissé sous chacun d'eux au moment de l'essai. Un léger ruban métallique fixé d'une part à la tige et de l'autre enroulé sur une poulie montée sur l'axe du miroir, lui transmettait les déplacements de la tige. Ces mouvements étaient donc augmentés dans une égale proportion sur toutes les parties de l'échelle. Un ressort ramenait le miroir au zéro. Il réfléchissait un rayon de lumière d'une lampe oxyhydrique sur l'écran circulaire situé à 20 pieds 10 pouces (6^m,35) et sur lequel on avait tracé une échelle. Les dimensions de cette échelle étaient telles qu'un pouce correspondait à chaque centième de pouce d'allongement du conducteur. Elle formait un cercle dont le miroir était le centre (*).

Les autres appareils employés étaient les suivants :

1° Un ampèremètre — une des récentes balances hectoampères de sir William Thompson.

2° Un voltmètre sensible au centième de volt construit par MM. Ayrton et Perry sur le principe de l'électro-calorimètre.

3° Une pile de 15 éléments secondaires pour la production de courants fixes.

4° Un transformateur Lowrie-Hall pour transformer les courants de haute tension (2.000 volts) de la station de lumière électrique en courants à basse tension (4 volts) nécessaire pour la mesure. Le champ de la

(*) Afin d'éviter la reproduction d'une figure que les intéressés pourront trouver dans le " Report of the British Association for the advancement of science " de 1889, il a été nécessaire de modifier légèrement la description de l'appareil.

variation de fréquence n'était pas très grand. Il n'étai même pas suffisamment à mon gré. Il aurait fallu, à cet effet, d'autres transformateurs, car avec celui dont le rapport était de $\frac{2.000}{4}$ une diminution dans la fréquence abaissait la force électromotrice aux deux extrémités des conducteurs à travers lesquels il était impossible d'obtenir le courant voulu.

5° Un commutateur des courants alternatifs.

6° Un commutateur des courants continus.

7° Une résistance de platine destinée à égaliser la force électromotrice des accumulateurs et transformateurs.

8° Une résistance variable pour régler le courant. La densité du courant était supérieure à celle adoptée dans la pratique, et les courants étaient réglés de manière à donner une lecture convenable sur l'échelle. On les laissait constants pendant chaque expérience. Toutes les communications étaient en cuivre très épais.

Dans les expériences préliminaires faites pour déterminer le mode de procéder et la forme définitive de l'appareil, il fut fait usage de conducteurs de cuivre, de fer, de plomb et de platine ; mais dans les expériences définitives, le fer et le cuivre furent seuls utilisés. Chaque métal était de la même longueur mais de formes variées : tige ronde, tige plate, tube et toron câblé. La température était, dans tous les cas, déduite de l'allongement du conducteur.

Les observations étaient quelquefois prises avec des courants fixes et quelquefois d'abord avec les courants alternatifs. Chaque genre de courants, après avoir été introduit dans le circuit, était laissé constant jusqu'à ce que toute dilatation eût cessé ; le courant était alors

instantanément renversé à l'aide de la clef d'inversion et on observait le changement de longueur de la barre. Chaque expérience durait de vingt minutes à une demi-heure. Les résultats en ont été consignés dans des tables, et quelques courbes représentatives ont été construites. A cet effet, les observations étaient prises et notées de minute en minute. Les abscisses sont les temps exprimés en minute; les ordonnées les allongements en centièmes de pouce.

Ces graphiques montrent qu'en ce qui concerne le cuivre la quantité de chaleur engendrée, soit par des courants fixes, soit par des courants alternatifs est sensiblement la même. La forme en tube donnait toutefois les meilleurs résultats. Cela provient sans doute de l'augmentation de surface rayonnante.

La courbe du conducteur en fer est très accentuée, nous avons là un grand développement de chaleur dû aux annulations de l'aimantation circulaire. L'hystérésis joue évidemment un rôle plus important et le conducteur devient dès lors une source de chaleur qui varie en intensité, non seulement avec la force du courant mais aussi avec la fréquence des alternances.

La différence entre la manière dont se conduisent le fer et le cuivre se remarque très bien dans les sons qu'ils émettent quand ils transmettent des courants alternatifs. Le fer vibre mécaniquement et émet des sons graves et sonores remplissant la chambre d'un ronflement qui augmente d'intensité avec la fréquence. Le son du cuivre est très faible et n'est perceptible que si l'oreille est près du conducteur, même avec le courant le plus intense.

Cette vibration si marquée dans le fer a une influence très importante dans la durée de la matière

isolante, car il est difficile de concevoir un corps qui pourrait supporter longtemps de semblables mouvements moléculaires.

Le dégagement de chaleur dans les conducteurs en fer conduit à la conclusion que l'intensité du courant qui fondrait de petits fils différerait beaucoup selon qu'il s'agirait de courants fixes ou de courants alternatifs. Toutes les tables sont faites pour des courants fixes. En prenant des fils de fer n° 11, 116 « nuls » (0^m,295 de diamètre), on trouve que le courant de fusion est de 122 ampères pour le courant calculé, de 120 ampères pour le courant fixe et de 92 pour le courant alternatif. Il ne fut observé aucune différence avec le cuivre.

La conclusion générale à tirer de ces expériences est que pratiquement on n'a commis aucune erreur sérieuse dans la forme des conducteurs employés pour les systèmes à courant alternatif et qu'il n'y a rien de mieux et de meilleur marché qu'un simple toron entouré d'une couche isolante convenable et protégé extérieurement par du plomb ou quelque matière forte et imperméable.

Ces expériences ne résolvent pas la question de la distribution de la densité du courant à travers la section d'un conducteur, mais elles montrent que dans la pratique, le flux total d'énergie est le même dans les conducteurs en cuivre, qu'il soit produit par des courants alternatifs ou par des courants fixes.

(*Traduit de l'anglais* par H. PELLETIER.)

RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE DE PARIS (*)

Installation de deux postes avec tableaux Ducousso (**).

Cette installation présente sur la précédente les avantages suivants :

1° Lorsque le bureau central et l'un des abonnés échangent des appels, la sonnerie seule du poste appelé fonctionne, tandis que dans l'autre poste un voyant indique que la ligne est occupée.

Les appels provenant des deux postes donnent lieu à l'émission de courants de sens contraires. L'annonciateur du bureau central est complété par un aimant mobile dont les deux branches N S embrassent l'un des noyaux des bobines. Suivant que le courant traverse les bobines dans un sens ou dans l'autre, l'aimantation du noyau détermine l'attraction de l'une ou de l'autre branche de l'aimant. Dans ce mouvement, celui-ci entraîne le voyant V qui porte deux couleurs. D'après la couleur qui apparaît dans la porte de l'annonciateur, le bureau central sait quel est l'abonné qui a appelé.

Le bureau central est muni, comme dans le cas de l'installation avec relais polarisés, d'une clef à inversion de courant.

(*) Voir *Annales télégraphiques*, juillet-août 1890, p. 308.
(**) *Annales télégraphiques*, juillet-août 1889, p. 367 et suiv.

2° Ainsi qu'il vient d'être dit, lorsque l'un des postes transmet ou reçoit un appel, le voyant de l'autre indique que la ligne est occupée.

Le voyant donne encore la même indication lorsque les récepteurs sont décrochés dans l'autre poste.

Ainsi se trouve supprimée toute manœuvre destinée à reconnaître si la ligne est libre.

3° Les récepteurs des deux appareils ne peuvent être décrochés simultanément sans que la ligne soit coupée. Autrement dit, les deux abonnés ne peuvent surprendre les communications l'un de l'autre.

Toutefois ils peuvent communiquer entre eux à la condition de se prévenir par l'intermédiaire du poste central et d'opérer simultanément le déplacement de la cheville du conjoncteur en la portant de F en F'.

Le diagramme (*fig.* 7) indique la marche du courant dans les différents cas :

1° Le bureau central appelle le poste 1, par exemple.

Le courant arrivant par l'un des fils de ligne en α, entre dans le poste par la borne a, passe par le ressort-lame et les vis de contact r, traverse l'appareil de L en S, passe de d en d' à travers le relais polarisé R et se rend par ef à la borne b où il sort du poste et retourne en β sur le second fil de ligne.

En même temps, une dérivation du courant suit dans le deuxième poste le chemin $\alpha b d' \mathrm{R} d \mathrm{SL} r a \beta$.

Les deux relais sont traversés en sens inverse par le courant. Chacun d'eux détermine la fermeture d'un circuit local différent :

Dans le poste 1, le circuit local de sonnerie $\mathrm{Z}ed'mcss'k\mathrm{C}$;

Dans le poste 2, le circuit du voyant $\mathrm{Z}ed'mc'\mathrm{B}'hk\mathrm{C}$.

Dès que l'armature n est attirée, elle écarte le res-

sort *r* de la vis de contact, le courant provenant de la ligne se trouve interrompu en *r* et le relais R revient à sa position primitive. Mais alors le même courant

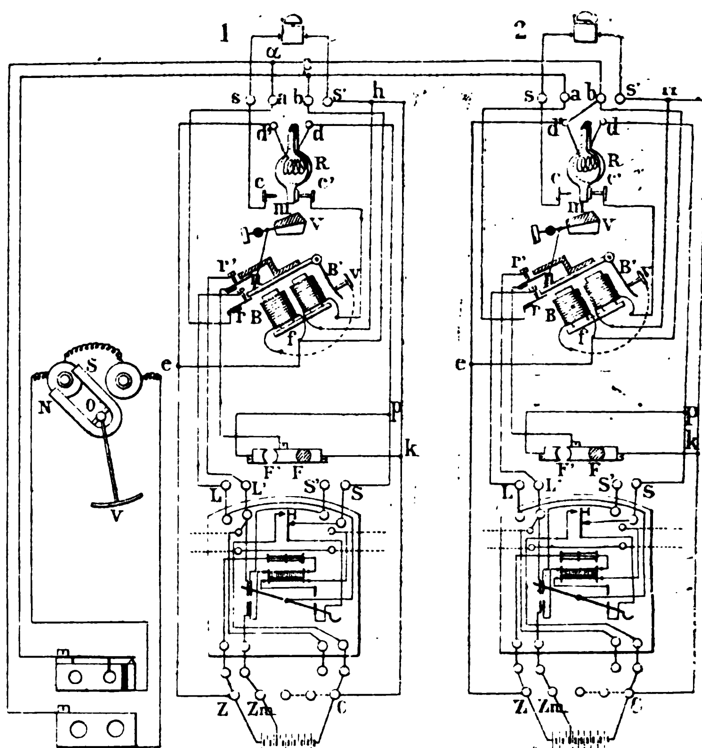


Fig. 7.

suit, dans le poste 2, le chemin *abd'ef*B*rnra*β. De sorte que l'armature *n* se trouve encore attirée et le voyant V maintenu dans la même position.

Les choses se passent de la même façon, si c'est l'un des deux postes qui appelle le bureau central ; car le courant émis par le poste appelant est envoyé en partie sur la ligne, en partie sur l'autre poste en dérivation

aux points α et β. En outre, le courant traversant la dérivation est de sens tel que ce soit le circuit local du voyant et non celui de la sonnerie qui se trouve fermé.

2° Le poste 1 communique avec le bureau central.

Le courant venant de l'un des fils de ligne en α suit le chemin $\alpha a r \mathrm{LL}' r' \mathrm{F} k \mathrm{CZ} e f b \beta$, en traversant l'appareil de L en L′ et la pile de C en Z, pour retourner en β sur le second fil de ligne.

D'après cela, le décrochage des récepteurs a pour effet secondaire d'intercaler la pile sur la ligne, autrement dit de déterminer l'envoi sur la ligne d'un courant qui subsiste pendant toute la durée de la communication.

Ce courant agit comme nous venons de le voir dans le cas précédent et fait fonctionner le voyant du poste 2.

Remarque. — Le courant ainsi produit détermine par son passage dans le relais R_2 la fermeture d'un circuit local à travers la bobine B'_2.

L'armature n_2 étant attirée et les ressorts r_2 et r'_2 séparés de leurs vis de contact, le courant ne peut plus suivre le même trajet. Il traverse alors la bobine B_2 et maintient l'armature ainsi que le voyant dans la même position.

Mais le courant qui passe dans le poste 2 n'est qu'une dérivation du courant total envoyé sur la ligne par le poste 1. Si la ligne est courte et, par suite, peu résistante, on conçoit donc aisément que cette fraction du courant soit suffisante pour agir sur le relais R, mais insuffisante pour déterminer l'attraction de l'armature n_2 et, par suite, le maintien du voyant. Celui-ci se trouve ainsi animé d'un mouvement continuel de va-et-vient. Cet inconvénient se manifeste surtout quand

nication avec la terre étant ainsi supprimée, la ligne se trouve, pour l'échange des communications, placée dans les conditions ordinaires.

3° Les récepteurs ne peuvent être décrochés simultanément dans deux des postes, et par suite deux abonnés ne peuvent surprendre les conversations l'un de l'autre ni communiquer entre eux.

Le diagramme (*fig.* 8) indique la marche des courants dans ces différents cas :

1° *a*. Le bureau central appelle le poste 2.

Le courant (positif ou négatif suivant l'orientation du relais R_2) est envoyé sur le fil A et suit le chemin $Aa_1r_1t_1s_1m_1a_2r_2t_2s_2m_2nT$.

Les deux relais R_1 et R_2 sont traversés par le courant, mais un seul fonctionne.

b. Le bureau central appelle le poste 3.

Le courant est envoyé sur le fil B et suit le chemin $Bb_1L_1S_1l_1b_2L_2S_2l_2b_3L_3S_3l_3b_4L_4S_4l_4m_4s_4t_4r_4a_4m_3s_3t_3r_3a_3T$.

Dans ce cas encore, le courant traverse les deux relais R_3 et R_4 et n'en actionne qu'un.

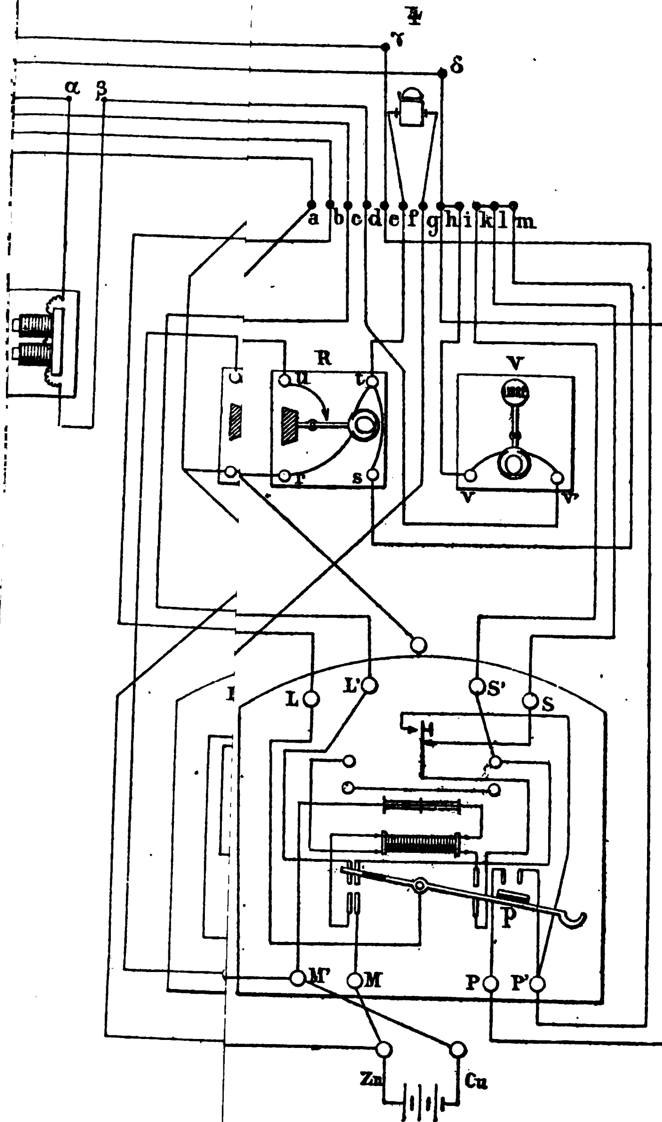
Le fonctionnement du relais détermine celui de la sonnerie par la fermeture du circuit local $c_uM'utfgz_n$.

c. Un des postes 3, par exemple, appelle le bureau central.

En appuyant sur le bouton d'appel, l'abonné du poste 3 détermine l'envoi d'un courant qui traverse l'annonciateur du bureau central en suivant le chemin $C_u\gamma_1\gamma_2\gamma_3e_3P'_3L_3b_3l_2S_2L_2b_2l_1S_1L_1b_1BAZ_n$.

2° Un poste, 2 par exemple, communique avec le bureau central.

Le courant envoyé par l'appareil du bureau central entre par le fil de ligne B, passe par $b_1L_1S_1l_1b_2L_2$, traverse les récepteurs de l'appareil du poste 2, continue


γ
δ
α
β
a
b
c
d
e
f
g
h
i
k
l
m
R
u
t
r
s
V
v
v'
L
L'
S'
S
p
M'
M
P
P'
Zn
Cu

2° Faculté pour l'un des abonnés de reconnaître si la ligne est libre ou occupée;

3° Impossibilité pour l'un des abonnés de surprendre les communications des autres.

Cette installation comporte l'emploi de deux pendules placées, l'une au bureau central intercalée sur la clef d'appel, l'autre en avant des postes greffés à l'extrémité de la ligne.

Ces deux pendules possèdent des mouvements d'horlogerie identiques, dont le déclenchement a lieu simultanément sous l'action d'un courant envoyé par le bureau central. Le cadran de chacune des deux pendules est divisé en autant de secteurs qu'il y a de postes greffés, chacun de ces secteurs correspondant à un poste déterminé.

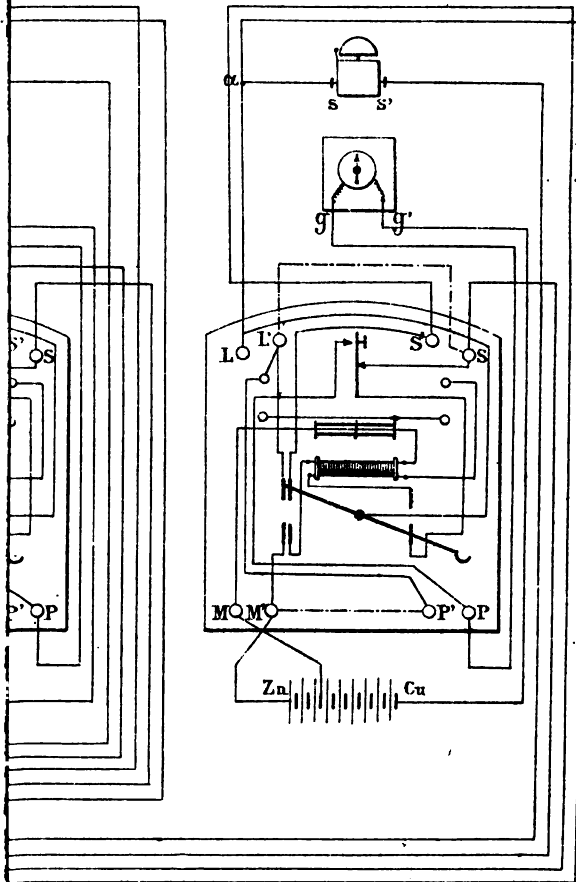
Les deux mouvements étant déclenchés, tout courant envoyé du bureau central fait fonctionner la sonnerie du poste auquel correspond le secteur parcouru par l'aiguille au moment de l'émission.

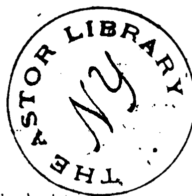
La pendule placée à l'extrémité de la ligne remplit en outre le rôle d'un commutateur automatique. Dans cette dernière sont fixés autant de ressorts qu'il y a de postes greffés; ces ressorts sont successivement soulevés et séparés de leurs contacts par une came que porte l'axe de l'appareil. Il y a, en outre, un ressort et un contact supplémentaires que la came tient séparés l'un de l'autre quand l'appareil est au repos.

La *fig.* 9 donne le diagramme de l'installation pour quatre postes et permet de suivre la marche du courant dans les différents cas.

1° Le bureau central appelle le poste 2.

La pendule étant au repos, la came tient le ressort r_5 soulevé.


4
a
s
s'
g
g'
L
L'
S'
S
M
M'
P'
P
Zn
Cu


THE ASTOR LIBRARY
NY

Le premier courant émis traverse simultanément les électros E de déclenchement des deux pendules en suivant le chemin $AEr_1 d_1 \alpha_1 L_1 S_1 c_1 r_2 e_2 \alpha_2 L_2 S_2 d_2 r_3 e_3 \alpha_3 L_3 S_3 d_3 r_4 d_4 \alpha_4 L_4 S_4 b_4 B$.

La pendule étant mise en mouvement, la téléphoniste attend que l'aiguille entre dans le 2e secteur pour envoyer sur la ligne un second courant. Pendant tout le temps que l'aiguille parcourt le secteur 2, le ressort r_2 est séparé de son contact.

Le courant émis à ce moment passe par $Amr_5 npr_1 d_1 \alpha_1 L_1 S_1 c_1 a_2 S'_2 S_2 \alpha_2 L_2 S_2 d_2 r_3 c_3 \alpha_3 L_3 S_3 d_3 r_4 d_4 \alpha_4 L_4 S_4 b_4 B$.

2° L'abonné du poste 2 appelle le bureau central.

La manœuvre du bouton d'appel a pour effet de fermer, à travers l'annonciateur du bureau central et le galvanomètre du poste 2, le circuit $C_{u_2} g'_2 g_2 P_2 L_2 \alpha_2 e_2 r_2 c_1 S_1 L_1 \alpha_1 d_1 r_1 pnm AB b_4 S_4 L'_4 S'_4 c_4 b_3 L'_3 S'_3 c_3 b_2 L'_2 P'_2 M'_2 Z_{n_2}$.

Le courant ainsi produit traverse tous les appareils en passant par les ressorts-lames dont le contact avec les leviers-commutateurs n'a lieu que quand ces derniers sont abaissés.

Quand l'un des postes est en communication avec le poste central, le levier de son appareil est relevé, et par conséquent les abonnés des autres postes ne peuvent envoyer de courant sur la ligne.

L'aiguille de leur galvanomètre ne déviant pas quand ils appuient sur le bouton d'appel, ils sont ainsi avertis que la ligne est occupée.

3° Dans le cas où le bureau central communique avec un des postes, le n° 3 par exemple, le courant suit le chemin $Amnpr_1 d_1 \alpha_1 L_1 S_1 c_1 r_2 e_2 \alpha_2 L_2 S_2 d_2 r_3 e_3 \alpha_3 L_3 L'_3 b_3 c_4 S'_4 L'_4 S_4 b_4 B$.

Comme dans le cas précédent, le circuit ne peut se

fermer que si les autres appareils ont leurs leviers abaissés.

Il en résulte que les leviers de deux des appareils ne peuvent être relevés simultanément, autrement dit que deux abonnés ne peuvent surprendre les communications l'un de l'autre, ni communiquer entre eux.

G. MAMBRET.

STATIONS TÉLÉPHONIQUES AUTOMATIQUES

Suite (*)

VII

Le second système d'exploitation, permettant d'installer une série de postes téléphoniques sur un seul fil, est le système dit *en chapelet*, dans lequel tous les postes sont embrochés sur le même conducteur.

Nous avons dit précédemment quelles raisons font penser a priori qu'un pareil système est préférable. Pourtant, il ne semble pas que les inventeurs en aient jugé de même, la plupart s'étant proposés de réaliser seulement la station automatique proprement dite.

Dans certains cas spéciaux d'application fréquente en matière d'installations téléphoniques, le dispositif en chapelet devient non seulement d'une utilité incontestable, mais presque nécessaire, si l'on désire obtenir à la fois une économie notable dans le prix de revient et une grande simplification dans la construction de la ligne.

Supposons, par exemple, plusieurs particuliers désirant se relier téléphoniquement à leurs usines, et ces diverses usines desservies par une seule route; il ne faudrait plus songer à employer un système de distribution avec station automatique, lors même que les domiciles des particuliers seraient reliés respectivement à un bureau central téléphonique de ville. On est alors amené soit à embrocher tous les postes, soit à construire une ligne double spéciale pour chaque

(*) Voir *Annales télégraphiques* 1890, p. 328.

concessionnaire. Ce dernier mode est rapidement onéreux et présente de réelles difficultés. Il faut éviter toute induction, afin qu'aucune conversation ne puisse être surprise; on doit par suite se livrer à des artifices d'enroulement qui compliquent singulièrement la pose des fils. Si, de plus, l'espace où peut être établie la ligne est restreint et si le nombre des concessionnaires est considérable, le manque de place peut même obliger à renoncer à l'établissement d'une ligne aérienne.

Au contraire, en embrochant chaque poste sur une seule ligne, on évite tous les inconvénients qui précèdent.

Bien que l'hypothèse faite ne rappelle pas exactement les conditions générales du problème qui est l'objet de cette étude, il nous paraît utile d'en donner la solution à titre d'exemple. Elle fera immédiatement comprendre quelles simplifications peuvent résulter du dispositif en embrochage. Soient, par exemple, huit postes, A, B, C, D, A_1, B_1, C_1, D_1, à relier deux par deux, A avec A_1, B avec B_1, etc., de telle façon que chacun des postes ainsi groupés, tels que A, A_1, puissent s'appeler mutuellement sans déranger les autres et sans risque de voir leur conversation surprise.

La *fig.* 31 donne le schéma des communications permettant de réaliser une pareille installation, tous les postes étant placés en embrochage.

Comme on peut s'en rendre compte (*fig.* 31), la ligne est à double fil; on suppose en effet les postes répartis à des distances considérables, et il faut admettre la possibilité du voisinage de fils télégraphiques sur un semblable parcours. Les communications téléphoniques seront donc établies à l'aide d'un circuit fermé, sans terre.

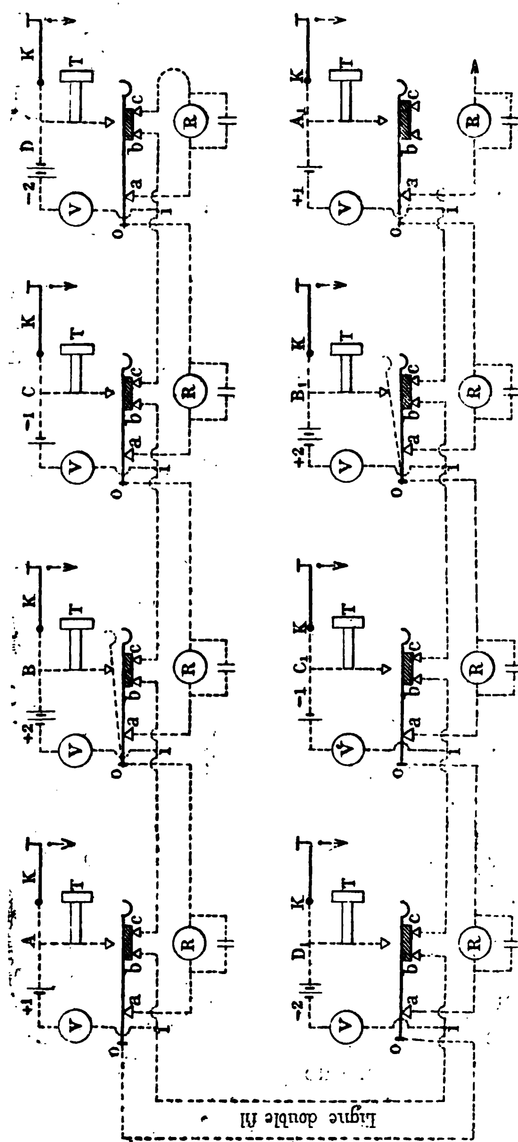


Fig. 31.

Les appels, au contraire, se font avec une terre. Pour cela, à l'un des postes extrêmes D, les deux fils de ligne sont bouclés. A l'autre, A_1, l'un des fils de ligne est isolé et l'autre mis en communication avec la terre. Une terre est ainsi toujours placée à l'un des bouts du circuit; pour appeler il suffit, en appuyant sur la clef K du poste, d'introduire une seconde terre et la pile.

Chaque poste comprend deux relais V et R; ces relais sont des relais polarisés analogues au relai Ader, c'est-à-dire sans fer et présentant une résistance assez faible. Le premier, V, commande un voyant, le second ferme le circuit de sonnerie.

Les différents relais R sont réglés de façon à n'être sensibles qu'au passage de courants positifs ou négatifs d'intensités déterminées, que nous représenterons conventionnellement par les valeurs 1 et 2. Chacun des postes conjugués A et A_1, B et B_1, etc., est muni de relais et de pile d'appel semblables.

Ceci posé, supposons que le poste B, par exemple, veuille correspondre avec son poste conjugué B_1.

Pour sonner, il lui suffit d'appuyer sur le bouton K d'appel. Il ajoute ainsi une terre sur le circuit et ferme le circuit de sa pile d'appel de la manière suivante : la terre du poste B, la clef K abaissée, la pile, le relai V, *i*, les contacts *b* et *c* des postes C et D, les relais R et les contacts *a* et *o* de tous les postes, la terre du poste A_1.

Le courant d'appel positif et d'intensité 2 fait fonctionner les armatures des relais R des postes B_1 et A_1. Il est facile d'éviter que ce mouvement ferme les circuits de sonnerie au poste A_1; il suffit d'ajouter à son relai une seconde armature ne fonctionnant qu'avec

un courant positif d'intensité 2 et d'installer les communications comme l'indique la *fig.* 32.

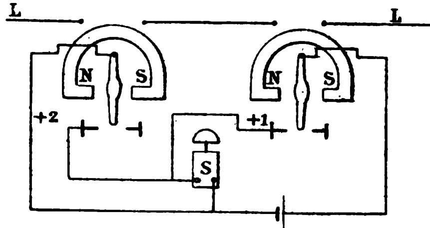


Fig. 32.

Le circuit de sonnerie du poste B_1 est donc fermé à l'exclusion de tous les autres, et ce poste est bien appelé.

Semblablement B_1, pour appeler B, n'a qu'à appuyer sur son bouton d'appel K.

Pour causer, les deux postes B et B_1 décrochent leurs téléphones à la manière ordinaire : les commutateurs automatiques prennent alors les positions marquées en pointillé sur la *fig.* 31.

Le circuit téléphonique est aussitôt fermé comme il suit : le poste téléphonique T du poste B, la pile d'appel de B, le relai du voyant V, *i*, les contacts *b* et *c* des postes A, D_1, C_1, le voyant V du poste B_1, la pile d'appel de B_1 égale et opposée à la pile d'appel de B, le poste téléphonique T et le commutateur automatique de B_1, les contacts *a* et *o* des postes C_1, D_1 et A, le commutateur automatique de B.

Aussitôt que la communication de B avec B_1 a été établie, et pendant toute sa durée, aucun des autres postes ne peut plus appeler son correspondant. La terre permanente H de l'extrémité d'un des fils est en effet supprimée du circuit. Le voyant reste immobile quand on presse sur le bouton d'appel, et on est ainsi averti de l'occupation de la ligne.

Il est de plus évident qu'aucun des postes A_1, C ou D ne peut plus surprendre la conversation. Il en est

de même pour les postes A, D_1 et C_1. Supposons, par exemple, que D_1 veuille se placer en dérivation sur le circuit. Par le fait même qu'il décroche son téléphone, le poste D_1 se substitue au poste B_1 qui est brusquement isolé, et ne peut plus communiquer avec B.

Le nouveau circuit est alors constitué de la façon suivante : le poste téléphonique T du poste B, la pile d'appel de B, le relai de voyant V, *i*, les contacts *b* et *c* du poste A, le relai de voyant V du poste D_1, la pile d'appel, le poste téléphonique et le commutateur automatique de D_1, les contacts *o* et *a* de A, et le commutateur automatique de B. Cette fois les deux piles d'appel intercalées sur le circuit ne sont plus égales et opposées. Un courant passe donc dans le circuit, qui fait aussitôt fonctionner les relais de voyant ; le poste B est par suite averti de la substitution d'un étranger à son correspondant B_1.

Le problème posé est donc bien résolu : 1° chaque groupe de deux postes peut s'appeler et causer indépendamment des autres postes embrochés ; 2° du moment qu'un groupe cause, chacun des autres groupes est averti de l'occupation de la ligne, et toute tentative d'indiscrétion est immédiatement signalée aux intéressés.

Il est inutile d'insister sur la simplicité et l'économie considérable d'un dispositif de ce genre. La *fig.* 33 donne le détail des communications d'un des postes. On a ainsi le moyen de placer huit postes sur un circuit double, tout en n'ajoutant que deux organes peu coûteux et de fonctionnement sûr à l'installation téléphonique usuelle.

Nous trouvons ici les principaux avantages du système par embrochage, simplicité des organes, répartition

dans chacun des postes, enfin retrait de la ligne de tous les éléments qui ne sont pas directement nécessaires à l'établissement de la communication.

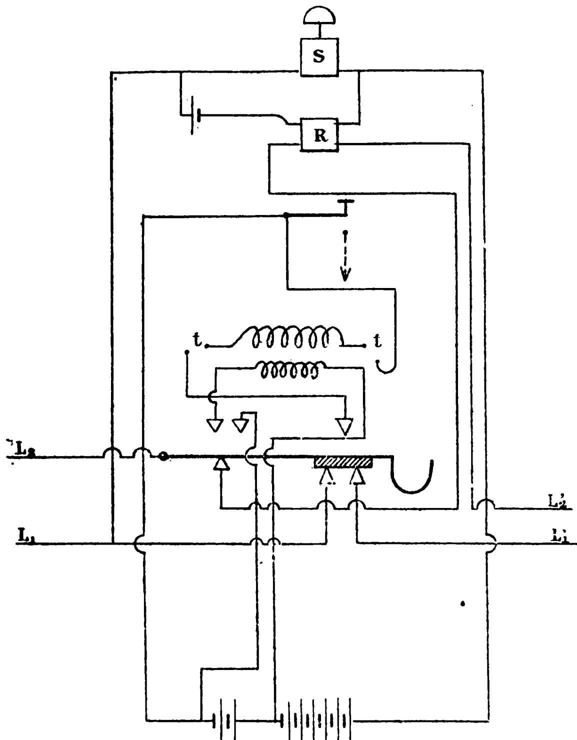


Fig. 33.

Il est clair que dans le cas général où les postes ne doivent plus uniquement communiquer deux à deux, mais à volonté avec l'un quelconque des postes embrochés, la solution sera un peu plus complexe. Nous allons voir cependant qu'il en existe d'assez simples.

(*A suivre.*) E. ESTAUNIÉ.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS

(Extrait du Rapport présenté au Congrès international des chemins de fer
par MM. E. SARTIAUX, chef du service télégraphique au chemin de fer du Nord
et L. WEISSENBRUCK, Ingénieur au ministère des chemins de fer,
postes et télégraphes de Belgique.)

(*Suite*) (*).

IV. — Éclairage électrique des signaux de la voie.

La question de l'éclairage électrique des signaux de la voie n'est pas encore sortie de la période des expériences.

L'un des essais les plus importants dont nous ayons connaissance a été entrepris par M. W.-W. Slater, chef du service des signaux du Southern Pacific (États-Unis), à la gare de Oakland.

Cette station possédait une assez importante installation d'éclairage électrique par le système Brush. M. Slater eut l'idée d'y ajouter des lampes à incandescence destinées à éclairer les signaux.

Un des écueils les plus graves à éviter était l'extinction brusque d'un signal, produite par la rupture du filament de sa lampe à incandescence.

Pour y remédier, M. Slater s'est attaché surtout à augmenter la durée des lampes. Pour cela, il a réduit de 1,2 à 0,8 ampère l'intensité du courant, et, par conséquent, de 16 candles à 10 l'intensité lumineuse des lampes Swan dont il disposait.

(*) Voir les *Annales télégraphiques*, 1890, p. 58.

Les essais, commencés le 30 mai 1887, prouvèrent que la durée du filament avait été de 2.599 heures au minimum, c'est-à-dire plus d'un an, et cela sans régulateur de courant.

Pour les signaux ordinaires, M. Slater avait approprié les lanternes des lampes à huile en y plaçant, comme support, un bloc de bois. Des fils souples conduisaient le courant à la base de la lanterne.

Pour les sémaphores, il avait construit une lanterne spéciale hermétique, de $18^{c},4$ de largeur, de $7^{c},5$ de profondeur et de $21^{c},3$ de hauteur, avec une lentille de $15^{c},9$ de côté. Le fond était formé par un morceau de bois retenu par des charnières et une vis de pression.

Bien qu'il ait été impossible à M. Slater de faire une évaluation exacte de la dépense, il estime qu'il a réalisé une économie importante par l'emploi de l'électricité. Les lampes à huile lui coûtaient, par mois et par lampe, $3^{f},34$ pour l'huile et la main-d'œuvre et $1^{f},30$ pour l'amortissement. Les lampes électriques lui coûtent $1^{f},56$ seulement, amortissement non compris.

En dehors de la question d'économie, M. Slater estime que les grands avantages des lampes électriques suffiraient seuls pour les faire adopter. D'après lui, les signaux électriques sont toujours bien visibles et il suffit de nettoyer les lanternes de temps en temps à l'extérieur seulement, tandis que les lampes à huile salissent rapidement l'intérieur des lanternes par la poussière qui s'y accumule et la fumée qui s'y dépose. Il est difficile de les tenir allumées quand il y a du vent. L'huile encrasse les verres et des bris se produisent la nuit.

Le chemin de fer du Nord français a cherché à

résoudre le problème d'une manière différente en rendant automatique le remplacement des lampes des signaux et en donnant à chacune, ou au moins à chaque groupe d'entre elles, une source particulière d'électricité.

Dans les premiers essais — encore récents — il a été fait usage de lampes de 3 ampères sous 10 volts (10 bougies), alimentées par 6 éléments d'accumulateurs de la Société du travail électrique des métaux, dont nous avons parlé dans la première partie de notre exposé, relative à l'éclairage des trains. Deux lampes étaient placées l'une au-dessus de l'autre dans les lanternes existantes, celle du dessus étant dirigée vers le bas et celle du dessous vers le haut, de manière qu'elles eussent toutes deux une partie de leur filament placée au foyer du réflecteur. Le courant traversait à l'allumage un électro-aimant de faible résistance dont l'armature, attirée, mettait dans le circuit la lampe supérieure. Si celle-ci venait à s'éteindre subitement, l'armature, en se détachant, faisait passer le courant dans la lampe inférieure.

Dans les nouveaux essais en préparation, l'appareil sera complété par une sonnerie destinée à appeler l'attention lorsque la deuxième lampe est elle-même hors d'état de fonctionner.

La Compagnie du Nord a remarqué, d'une part, que l'éclairage des signaux d'une gare possédant déjà l'éclairage électrique, ne nécessite que des dépenses supplémentaires très faibles et, d'autre part, qu'une grande partie des signaux étant à voie libre dans leur position normale, il suffit souvent, dans l'intérêt même du service en même temps que dans un intérêt d'économie, de n'allumer la lampe que lorsqu'on met le

signal à l'arrêt, ce qui se réalise par un artifice très simple. Pour ces deux motifs, on a calculé que pour une seule annexe des gares de La Chapelle, on pouvait économiser annuellement plus de 10.000 francs, en donnant un éclairage beaucoup meilleur. Si, comme il est très probable, l'expérience réussit au point de vue technique, le résultat économique sera des plus satisfaisants.

Le chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée a fait depuis longtemps déjà des essais analogues. La différence principale consiste en ce que la lampe de rechange, au lieu d'être placée au-dessous de la première, est placée devant celle-ci.

V. — Prix de revient.

Abaissement progressif du coût de l'éclairage électrique.

On disait autrefois que la lumière électrique serait toujours plus chère que toute autre à cause du grand nombre de transformations subies par l'énergie de la houille qui en est la source.

Pour calculer l'effet utile de cette houille, il faut, en effet, multiplier l'un par l'autre :

1° Le rendement de la machine à vapeur (5 à 10 p. 100).
2° — dynamo (70 à 90 p. 100) ;
3° — de la ligne électrique (90 à 95 p. 100) ;
4° — optique de la lumière qui contient des rayons obscurs (8 à 12 p. 100 pour l'arc, 4 à 6 p. 100 pour l'incandescence).

On arrive de la sorte à un rendement final de 6,8 à 16 pour mille pour l'arc et de la moitié pour l'incandescence.

Mais c'est encore le rendement le plus élevé que l'on connaisse.

D'après M. Preece, l'énergie nécessaire à la production d'une intensité lumineuse est en watts (1 watt $= \frac{1}{736}$ cheval).

Pour	la chandelle	124
—	la cire	94
—	le spermacéti	86
—	l'huile minérale	80
—	— végétale	57
—	le gaz de houille	68
—	l'électricité (incandescence)	3
—	— (arc)	0,55

Le rendement élevé de l'électricité par rapport au gaz, par exemple, tient surtout au faible rendement optique de la lumière du gaz qui n'est que de 1 p. 100, tandis qu'il est dix fois plus fort en moyenne pour les foyers à arc. Il est aujourd'hui démontré que si, au lieu d'employer le gaz directement à l'éclairage, on s'en sert pour alimenter un moteur actionnant une dynamo et des lampes électriques, on peut produire une lumière de une et demie à trois fois plus forte par l'incandescence, trois à cinq et six ou sept fois plus intense par les régulateurs à arc, que celle qu'on eût obtenue directement par des becs à gaz avec la même consommation (*).

(*) Voici la démonstration en chiffres :

Un mètre cube de gaz brûlé dans un moteur de 2 chevaux produit $1^{ch},111$ qui est réduit à $1.11 \times 0,90 \times 0,90$ ou 0,899 cheval électrique $= 0,899 \times 736$ ou 661,6 watts (en supposant un rendement de 90 p. 100 respectivement à la dynamo et à la ligne, ce qui n'est nullement exagéré). Dans un moteur de 20 chevaux, on obtiendrait $1^{ch},389$ réduit à $1^{ch},125$ électrique ou 828 watts.

Une lampe de 16 bougies consomme 3 à 4 watts par bougie, soit 48 à 64 watts. L'équivalent de cette lampe est un bec de 1,70 carcel consommant au minimum 150 litres.

Un mètre cube de gaz allumera donc au moyen d'un moteur 10 à 17.425 lampes électriques de 16 bougies ; brûlé directement, il n'alimenterait que 6.66 becs équivalents.

Une lampe à arc à courants continus de 18 carcels d'intensité moyenne dépense au plus 8,7 watts par carcel, soit 157 watts (expériences de l'Ex-

Cependant le prix de l'électricité étant grevé de l'intérêt et de l'amortissement des dynamos et des lampes, il peut encore se faire qu'il soit plus élevé.

Ce qu'il faut, en résumé, considérer avant tout, c'est le prix de revient final actuel. Le rendement n'est qu'une indication pour l'avenir. Mais les progrès considérables réalisés par l'électricité dans ces dernières années sont de bon augure.

Dans un meeting de l'*Iron and Steel Institute*, M. J. A. Fleeming a produit la comparaison suivante entre deux machines Edison de 1.200 lampes à incandescence (de 16 bougies) construites l'une en 1882, l'autre en 1887 :

	1882	1887
Poids total en kilogrammes.	20,400	5,350
Encombrement en mètres cubes.	9	5
Volts aux bornes.	108	105
Courant extérieur en ampères.	790	720
Watts utiles.	85 300	75,600
Puissance absorbée en chevaux-vapeur. . .	154,8	112
Rendement commercial.	67 p. 100	90 p. 100
Prix de la machine en francs	60.000	11 250
Prix par 1.000 watts disponibles	600	150
Prix par lampe	50	8,75

Ainsi, en cinq ans, le poids a été réduit d'un quart, et l'encombrement de près de moitié. Le rendement a

position d'Anvers). Un bec Wenham de même intensité *moyenne* dépense au moins 40 litres par carcels (expérience de M. Coindet), soit 720 livres.

Un mètre cube de gaz allumera donc un moteur de 4.215 à 5.274 lampes à arc à courants continus de 18 carcels (la moitié si les courants sont alternatifs) et directement 1.388 becs Wenham équivalents.

La disproportion augmente à mesure qu'il s'agit de régulateurs de plus forte intensité. Il est peu probable qu'avec les brûleurs à gaz de 4 500 litres de l'Exposition on obtienne plus de 150 carcels (30 litres par carcel *moyen*). Or, un foyer électrique à courants continus de cette intensité consomme au plus 750 watts (5 watts par carcel). Le rapport est donc de 0,22 pour le gaz à 1,10 pour l'électricité, c'est-à-dire de 1 à 5.

Comme plus loin il n'y a plus de brûleurs à gaz pouvant rivaliser avec les régulateurs, la proportion augmente encore beaucoup plus vite.

augmenté de 25 p. 100, et le prix par lampe a diminué des cinq sixièmes. On peut aussi se rendre compte de cette amélioration par le prix d'une installation complète.

Le chemin de fer de l'État belge a éclairé récemment la gare du Nord, à Bruxelles, au moyen de 30 foyers de 40 carcels et 19 foyers de 80 carcels. L'installation a coûté 78.000 francs, soit 1.592 francs par foyer ou 2.875 francs par 100 carcels. Il avait payé en 1884 pour 8 foyers de 110 carcels, 60.000 fr., soit 7.500 par foyer ou 6.818 francs par 100 carcels, c'est-à-dire plus du double. Et cependant, à égalité de prise de base, le coût par 100 carcels devrait être plus élevé dans le premier cas, puisqu'il y a un plus grand nombre de foyers de moindre intensité.

Les frais annuels d'exploitation ont aussi diminué très sensiblement grâce à l'abaissement du prix des installations et aux perfectionnements qui y ont été apportés.

Il existe à Édimbourg, à la gare de Waverley du « North British Railway », une installation qui est conduite par le personnel de la Compagnie et qui comprend actuellement 40 lampes Brush alimentées par un courant de 10 ampères produit par une dynamo Brush n° 8 actionnée par une machine demi-fixe.

Voici la comparaison des frais d'exploitation pour six mois en 1884 et en 1886. Des progrès ont encore été faits depuis lors.

Juillet à décembre 1884.

33 lampes en service; 41.884 lampes-heures.

	fr.
Salaires	4.142,19
Réparations	1.178,13
Crayons	3.144,90
Combustible	1.649,90
Huiles, chiffons, etc.	693,75
Intérêt et dépréciation (10 p. 100)	1.302,70
	12,111,55
Par lampe-heure	0f,285

Juillet à décembre 1886.

	fr.
Salaires	4.896,97
Réparations	1.961,87
Crayons	1.571,55
Combustible	592,60
Huiles, chiffons, etc.	218.95
Intérêt et dépréciation (10 p. 100)	1.038,13
	10.280,07
Par lampe-heure	0f,183

L'amélioration provient en partie de l'augmentation du nombre d'heures d'éclairage, mais surtout de la diminution du prix des crayons (qui formait un quart de la dépense totale en 1884), de la diminution de la consommation de houille, c'est-à-dire du meilleur rendement de l'installation en même temps que l'abaissement de son prix.

C'est surtout par la réduction du prix de la force motrice et des dépenses accessoires de personnel, de graissage, etc., etc., que l'on doit poursuivre une réduction du prix de revient final de l'éclairage.

La dépense en crayons est aussi un facteur important, et si l'on parvient à la diminuer, on aura accompli un progrès sensible. A la gare de Bebra (Direction de Francfort-sur-Mein des chemins de fer de l'État prussien), la dépense en crayons et en lampes à incandescence est comptée pour près de la moitié dans les

frais totaux d'exploitation, amortissement compris; elle est de 39 p. 100 à la gare de Vienne-Ouest, de 33 p. 100 à Feldkirch, de 25 p. 100 à Venlo, de 13 à 24 p. 100 au chemin de fer du Nord français et de 10,5 p. 100 à la gare de Bruxelles-Nord.

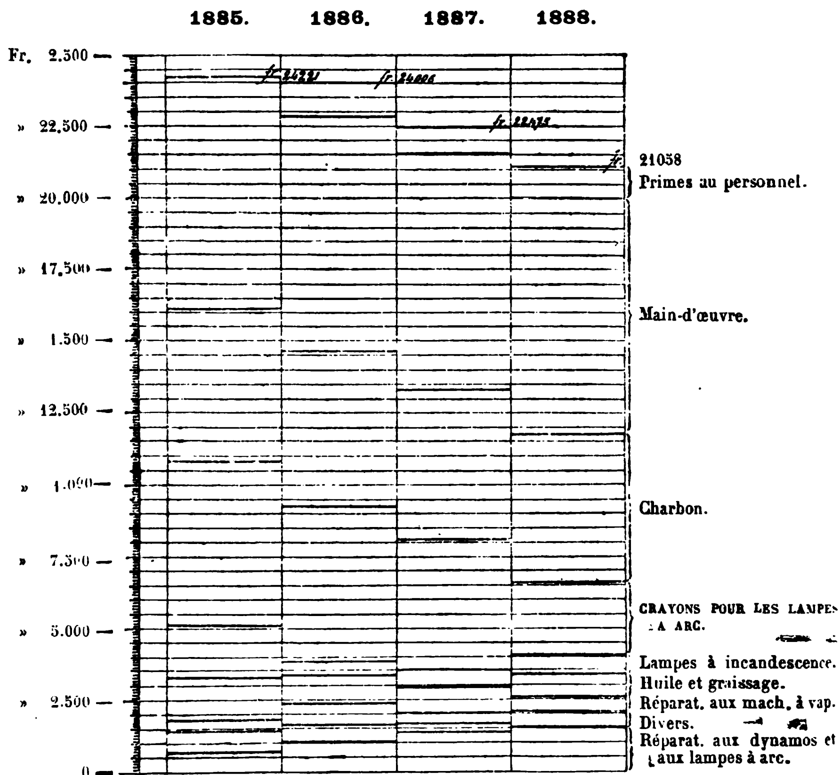


Fig. 16. — Dépenses totales de l'éclairage électrique de la gare de Venlo, comprenant 31 lampes à arc de 8 ampères (100.480 lampe-heures) et 37 lampes à incandescence (123.770 lampe-heures).

Bien qu'il soit très probable que les frais d'exploitation ne soient pas supputés d'une manière uniforme par les différentes Administrations, il ressort claire-

ment de ces chiffres qu'il doit être possible de poursuivre avec succès l'amélioration dont il s'agit.

Voici un tableau communiqué par la Compagnie pour l'exploitation des chemins de fer de l'État néerlandais montrant aussi la décroissance des frais d'exploitation depuis 1885 à 1888. Ce tableau, qui se rapporte à l'installation Brush de la station de Venlo, met en évidence l'influence de chacun des éléments de la dépense. C'est encore celle des crayons qui est surtout prépondérante (voir la *fig.* 16), mais leur prix s'est abaissé de 1885 à 1889 de $1^{f},5$ à $0^{f},40$ le mètre.

Remarquons que le prix des lampes à incandescence a aussi beaucoup baissé depuis quelques années. C'est ainsi que l'État hongrois, qui les payait $8^{fr},75$ (*), il y a trois ou quatre ans, ne les paye plus que $4^{fr},40$. En France, le prix en est descendu de 6 à 7 francs à $3^{fr},50$ et 4 francs.

(*A suivre.*)

(*) Ce prix suppose que le florin vaille $2^{f},50$.

CHRONIQUE.

Emploi d'isolateurs colorés.

Le Gouvernement belge possède sur chaussées, un nombre considérable de lignes tant télégraphiques que téléphoniques.

Ces lignes, longeant des voies de communication peu fréquentées, partant peu surveillées, ont particulièrement à souffrir de la malveillance : on y constate le bris de nombreux isolateurs. Les dégâts ainsi causés sur plusieurs de ces reliements sont à certains moments devenus si considérables que le service des télégraphes a dû se préoccuper sérieusement de mettre ses appareils d'isolation à l'abri des projectiles lancés par les passants.

Dans ce but, un isolateur spécial, fortement blindé en fonte malléable galvanisée, a été fabriqué.

Mais cet isolateur, tout à fait incassable d'ailleurs, présente plusieurs défauts graves : il est trop lourd (poids trois fois plus considérable que l'ordinaire) et son prix est fort élevé (trois fois également celui de l'isolateur habituel).

L'excès de poids est doublement désaventageux : il influe sur les dimensions, donc sur le coût des poteaux, et majore les frais de réfection, les poseurs ne pouvant prendre que quatre ou cinq de ces supports spéciaux dans leur carnassière.

Pour parer à ces inconvénients, on a donc été amené à chercher une solution, et voici ce qu'a suggéré l'observation des lignes endommagées.

Si les isolateurs ordinaires, d'une belle couleur blanche et de grande surface, servent ainsi de cible de prédilection aux passants mal intentionnés, ils le doivent précisément à ces caractères.

Or, on ne pouvait diminuer leur surface sans réduire la qualité isolante, il ne restait donc qu'à modifier la coloration pour les rendre moins visibles.

On se procura dans ce but quelques isolateurs de couleurs

différentes, qu'on plaça sur un fond de même teinte que les poteaux. Entre ces diverses colorations, le brun grisâtre ayant paru convenir le mieux, on commanda quelques centaines d'isolateurs de cette tonalité, colorés à l'aide d'un silicate mélangé à l'émail recouvrant la porcelaine, ce qui laisse à ces supports isolants une résistance d'isolement pratiquement équivalente à celle des isolateurs blancs. On les plaça ensuite en ligne, en les alternant avec ces derniers, afin d'exposer également les deux spécimens étudiés.

L'essai fournit les résultats suivants :

Sur 102 isolateurs de chaque espèce expérimentés simultanément, sur une ligne d'une longueur de 22 kilomètres, on releva pendant un an vingt-cinq cas de bris d'isolateurs ordinaires contre treize seulement pour les colorés, l'avantage de ces derniers s'étant manifesté dès les premiers jours de leur emploi et d'une manière constante.

En faisant entrer en ligne de compte leur prix un peu plus élevé, il ressort que l'adoption des isolateurs colorés doit entraîner une économie d'environ 42 p. 100 du coût de leurs congénères blancs actuellement cassés, non compris la main-d'œuvre sur laquelle on gagne encore notablement, mais dont l'estimation en chiffres est difficile à établir.

En présence de ce résultat, une nouvelle commande d'isolateurs colorés a été faite, et la règle suivante a été adoptée par le service des télégraphes : Lorsque dans une ligne sur chaussée, un isolateur blanc sera brisé par malveillance, on le remplacera par un coloré; si celui-ci est atteint à son tour, on y substituera un isolateur blindé.

(*Lumière électrique.*)

Sur l'*Isonandra percha* ou *I. gutta*.

Note de M. Sérullas.

L'existence des guttas-perchas a été signalée au monde civilisé, en 1842, par M. W. Montgomerie; la priorité du voyageur Tradescant à cet égard n'est pas établie. En tous cas, les premiers échantillons qui en soient parvenus sous ce nom en

Europe, et qui provenaient de Singapore, ont été apportés à Londres, en avril 1843, par Sir José d'Almeida. Leurs remarquables propriétés ne tardèrent pas à être mises en lumière par M. Hanckoke; aussi Wheatston, qui, depuis 1837, songeait à relier télégraphiquement l'Angleterre au continent, conçut-il le projet de les utiliser à ce propos; mais ce fut seulement le 10 janvier 1849 que M. Walker immergea le premier un câble sous-marin. Ce câble, qui, d'ailleurs, n'avait que 2 milles dans la Manche, sur les côtes d'Angleterre, à partir de la plage de Folkestone, était recouvert de gutta-percha.

Depuis lors, de nombreux essais ont eu lieu en vue de remplacer, dans une application devenue si considérable, cette matière première de plus en plus rare et chaque année plus chère; ils ont tous échoué jusqu'ici. Il faut même à la Télégraphie sous-marine des gommes de première qualité; celles du *Bassia Parkii*, de l'Afrique, et du *Mimusops balata*, des Guyanes, n'ont donné que des résultats négatifs; quant à celle du *Payena Leerii*, si elle est utilisée couramment aujourd'hui, c'est simplement pour les falsifications dans les forêts.

Les seules gommes qui conviennent comme diélectrique de l'âme des câbles sont sécrétées par des arbres du genre *Isonandra*. Ces plantes, qui pour quelques botanistes sont maintenant du genre *Palaquium* ou *Dichopsis*, où, sous le prétexte d'établir des distinctions plus nettes, ils en sont arrivés à les transporter toutes une à une, ont leur habitat naturel exclusif dans la Malaisie. Les défrichements de la zone intéressante des forêts malaises marchent à grands pas; l'indigène, en coupant tous les arbres à peu près exploitables qu'il a rencontrés et en agissant de même vis-à-vis de leurs repousses, c'est-à-dire en les empêchant de parvenir à l'état adulte, a, pour ainsi dire, supprimé, depuis une quarantaine d'années, leur reproduction et leur multiplication.

Les gommes telles que celles utilisées au début dans l'industrie ne se trouvent plus qu'exceptionnellement; celles qui les ont remplacées auront le même sort avant une quinzaine d'années. Les exportations commencent à cesser de proche en proche dans les ports malais. Les insuffisantes plantations entreprises aux Indes néerlandaises sont formées surtout, non des meilleures espèces, mais de celles dont le latex est le plus

abondant, c'est-à-dire des moins bonnes. La télégraphie sous-marine est, en somne, à la veille de se voir privée de celles qui lui sont indispensables dans l'état de la science, et les origines de ces gutta sont restées mal connues.

Dans l'ordre chronologique, le premier végétal signalé comme producteur d'une gutta-percha fut l'*Isonandra Gutta* Hooker. Cet arbre, le seul dont le latex coagulé, envoyé en Europe en même temps que des spécimens, ait reçu la sanction de la pratique, est demeuré incomplètement décrit. Il est noté comme une espèce éteinte, depuis 1857, dans l'île de Singapore, et qui n'existe que dans les forêts malaises.

En réalité, cette espèce est devenue excessivement rare, mais elle subsiste toujours. Ses représentants adultes pullulaient encore, en 1887, à Chasseriau-Estate, dans les ravins de l'ancienne forêt de Boukett Timah (colline d'étain), située au centre de Singapore, où elle avait été découverte, en 1847, par M. Thomas Lobb et où ce botaniste avait récolté le rameau et les boutons floraux qui figurent, sous le n° 290 de sa collection, dans l'herbier de Kew. Sauf le Dr Oxley, personne n'avait pu ensuite se la procurer. L'*Isonandra* ne fleurit qu'après trente ans, et tous les deux ans.

Lorsque je l'ai retrouvé, en 1887, toute exploitation avait cessé depuis trente années. L'extinction de son espèce était admise comme accomplie.

Néamoins, il y a trois ans à peine, dans les derniers lambeaux des anciennes forêts de cette île, des arbres de cette nature et adultes existaient encore, représentés surtout par des repousses. Il n'y existait qu'une variété d'une seule espèce à gutta-percha, qui concordait avec les spécimens figurés dans la planche XVII du *London Journal of Botany*, t. VI, donnée par Hooker de son *Isonandra Gutta*.

Voici le complément de la description de cette précieuse plante :

ISONANDRA PERCHA OU I. GUTTA (*) [*Isonandra Gutta*, Hooker

(*) Le mot *gutta* (*guetah* ou *gueutta*), en langue malaise, n'a que le sens absolument général de *gomme*, de *glu*; aussi notre expression *gomme-gutte* est-elle un pléonasme. Le mot *pertcha* ou *perfia*, qui se prononce seulement *perka* par les Français, ne signifie nullement, comme l'ont cru jusqu'ici tous les explorateurs, *Soumatra* (Sumatra se dit *perxa*,

(*London Journ. of Bot.*, VI, p. 463, pl. XVII). — *Dichopsis Gutta*, Bentham et Hooker (*Gen. plant.*, II, Pars II, p. 658).— *Palaquium Gutta*, H. Baillon (*Tr. bot. méd. phanér.*, 1500)].

Folia juniora lanceolato-oblonga, longe acuminata sæpe in petiolum decurrentia; nervis lateralibus in folii substantia immersis, vix conspicuis, subtus dense et minute lanuginosa, aureo-sericea nitentia, demum sæpe rubiginoso-tomentosa, rarius pallida v. grisea glabrescentia. Alabastrum ovoideum. *Flores* sæpius in axillis foliorum delapsorum fasciculati; fasciculi 1-6 flori; longe pediculati. *Calycis* lobis exterioribus coriaceis, subvalvatis, interioribus tenuioribus. *Corolla* e viridi pallens, laciniis tubo æquilongis. *Stamina* filamentis 6-alternis brevioribus mediolobis. *Ovarii* loculis omnibus uniovulatis. *Bacca* carnosa, sæpe paulo ovoidea et rudimento styli coronata, rarius stylo persistente, sæpius 5-locularis abortu. *Semen* maturum, ellipsoideum vel a latere compressum; hilo maximo dimidiam partem seminis excedente. *Cotyledones* crassæ, carnosæ, radicula brevissima.

Cet *Isonandra*, à l'âge de 30 ans, c'est-à-dire à l'époque où il devient adulte, a un tronc d'une hauteur de 13 à 14 mètres jusqu'à la naissance des plus basses branches, et une circonférence qui est très régulièrement de $0^m,90$, de $0^m,90$ à 2 mètres au-dessus du sol; le tronc est d'ailleurs à peu près cylindrique. Les feuilles de l'arbre jeune ont souvent jusqu'à 22 ou 23 centimètres de longueur sur une largeur de 7 centimètres dans leur partie médiane; tandis que chez l'exemplaire devenu adulte elles n'ont plus que 11 à 13 centimètres sur 4, 5 ou 6 centimètres (la forme et les dimensions de la feuille, chez les *Isonandra*, varient même tellement, suivant l'âge du végétal et avec les parties de la plante où on la considère, qu'il ne faut pas s'étonner du grand nombre d'espèces introduites en botanique d'après des rameaux dépourvus d'éléments floraux et non comparables entre eux). Le pétiole a une longueur variable entre $1^{cm},75$ et $3^{cm},75$. Les fleurs sont de 13 à 14 millimètres, et leur pédoncule de 6 à 7 millimètres. Le fruit offre, dans ses deux sens perpendiculaires, les dimensions moyennes de 30 à 35 millimètres sur 25 à 30 milli-

qui signifie le monde, la partie terrestre habitée). Pertcha veut dire *chiffon*, *lambeau d'étoffe*, et caractérise fort exactement des gommes qui, avant tout traitement dans l'eau chaude, présentent l'aspect de chiffons à demi réduits en pâte et comprimés. Il n'est donc pas étonnant que cette qualification, qui n'appartient pas au malais vulgaire, ne soit pas employée par l'indigène dans les forêts.

mètres, et parfois 40 millimètres sur 30 à 35. La graine est, en général, de 18 millimètres sur 12.

Dans les forêts malaises, que j'ai parcourues durant quatre années, je ne connais que cinq arbres susceptibles d'être confondus à première vue avec l'*I. Gutta* d'après leur feuillage, et en réalité par leur latex. Il n'y a pas de confusion possible avec les autres *Isonandra*, qui en sont même séparés, eu égard à la qualité de la gutta, par le *Payena Leerii* (gutta seundek). Les guttas seundeck du commerce ne sont que des mélanges complexes.

Dans cette Note, j'ai conservé à l'arbre de Hooker son nom générique, parce qu'il ne m'a pas semblé fort utile de débaptiser une plante renommée, pour créer un genre destiné à différencier peut-être une demi-douzaine de plantes dénuées d'intérêt. Au lieu d'introduire cette distinction, il est beaucoup plus simple d'élargir la définition des caractères distinctifs des *Isonandra*, qui seraient confondus, dès lors, avec les *Palaquium* dans un genre unique, caractérisé, dans la famille des Sapotées, par l'isomérie des sépales et des pétales, avec un nombre d'étamines qui en est multiple, généralement double.

(*Comptes rendus*, séance du 15 septembre 1890.)

La Force contre-électromotrice de l'arc voltaïque.

La question de l'existence de la force contre-électromotrice dans l'arc n'a pas encore été résolue; mais voici, d'après M. Friedrich Vogel (*), les différentes opinions émises en Allemagne.

D'après la théorie de A. Schuster (*Proc. Royal Society*, vol. 37, p. 317, 1884), les gaz sont conducteurs seulement quand ils ont été amenés à l'état d'atome, soit par la puissance électrique, soit par la chaleur et tout autre moyen. Une série d'importantes recherches, telles que celle d'Arrhénius, de Nharwold, de Narr et d'autres, défendent cette manière de

(*) *Repertorium der Physik*, von Dr Exner, vol. XXVI, part. 1.

voir, qui a reçu une importante confirmation par les admirables expériences de Elster èt Geitel (*Sitzungsber. der Akad. in Wien. Math-Natur. Klasse*, vol. 97, oct. 1888), sur l'excitation de l'électricité par les gaz dilatés par le contact de fils chauffés par le courant.

La notion de la force contre-électromotrice de l'arc fut introduite par Edlund et a été le sujet de différentes opinions émises par von Lang, Nebel, Cross, Shephard, L. Arons et d'autres encore. Arons (*Wied. Annalen*, vol. 30, p. 95) détermina d'une part la vraie résistance de l'arc, et d'autre part la résistance apparente, et trouva ainsi 2,1 ohms pour la résistance vraie; 11,8 pour la résistance apparente avec une tension de 40,6 volts et une intensité de 3,4 ampères. La vraie résistance serait donc 6 fois plus grande que la résistance apparente.

Lecher (*Vienna Akad Beriehte*, vol. 95, p. 992) conteste l'existence d'une force contre-électromotrice parce qu'il n'a pu obtenir de courant dans un galvanomètre après rupture de l'arc, comme dans le cas des électrolytes liquides.

En outre il n'a pas été possible de démontrer par le miroir tournant des décharges partielles; le téléphone, introduit en dérivation sur l'arc, ne produit aucun son quand le courant est fourni par des accumulateurs.

Dernièrement Wild (*Repertorium von Exner*, 1889, p. 224) obtint au contraire un courant en rompant rapidement le circuit de l'arc et en reliant les électrodes à un galvanomètre. Les résultats négatifs de Lecher s'expliqueraient par le temps trop long mis à faire ces connexions.

Les vues de Schuster sur la conductibilité des gaz permettent d'expliquer la force contre-électromotrice de l'arc en regardant les gaz comme analogues aux liquides dans la décomposition des électrolytes. En conséquence, pour maintenir les pointes de charbon et la couche gazeuse environnante à une température constante, on doit dépenser une certaine quantité d'énergie qui correspond à la vraie résistance de l'arc. Deuxièmement, les électrodes (et dans ce cas particulier les charbons), doivent être amenées à l'état de gaz. Troisièmement, les hydrocarbures et autres gaz dans le voisinage de l'arc sont dissociés. Pour ces deux derniers phénomènes il faut dépenser

de l'énergie; il y a donc une force contre-électromotrice (*). Ces considérations expliquent certaines anomalies de l'arc; ainsi, avec des charbons identiques, une même intensité de courant, une même tension, on obtient des quantités de lumière variables avec le degré hygrométrique de l'air.

D'après Fœppl, un vide parfait n'est pas conducteur; le mercure en vapeur est monatomique, ne peut être dissocié et est indécomposable, n'est pas conducteur suivant les idées de Schuster, d'Elster et Geitel. On ne peut pas produire d'arc entre des électrodes de mercure dans un vide parfait.

Les électrodes de charbon conviennent mal pour étudier la dissociation, puisque toutes deux absorbent du gaz et sont décomposées en produits mal définis. Si nous supposons des métaux purs brûlant dans le vide, le travail thermique que l'on doit fournir au métal pour amener à l'ébullition une certaine quantité de métal peut être calculé. En pesant nous voyons la quantité de vapeur métallique dissociée correspondant à la quantité d'électricité; on peut en déduire la quantité de métal évaporé. En répétant ces expériences dans différents gaz et sous des pressions différentes, on pourra déterminer la chaleur de formation atomique. Mais ceci n'est qu'un projet, et maintenant le champ est ouvert aux expériences.

Récemment, M. Blondel a suggéré l'idée de voir s'il y avait, dans un arc alimenté par des courants alternatifs, un décalage (**) entre la différence de potentiel aux bornes de l'arc et l'intensité; or, des expériences faites au laboratoire de M. Hospitalier, à l'École de physique et de chimie, ont montré qu'il n'y en avait point du tout. On serait donc porté à croire que dans ces conditions il n'y a pas de force contre-électromotrice. G. Roux.

(*Électricien*, 22 février 1890.)

(*) Cette idée avait été émise en 1887 par *La Electricidad*, et nous l'avions soutenue et developpée dans un article paru dans *l'Electricien* du 5 mars 1887.

(**) Autrement dit, un *retard* ou une *différence de phase*. Le mot *décalage* n'est pas généralement adopté. (*N. de la R.*)

Sur la distribution du courant dans les conducteurs à trois dimensions.

Par M. P. Joubin (*).

Maxwell applique à la distribution du flux électrique dans un conducteur à trois dimensions les mêmes principes qu'en électrostatique, par exemple, le principe des images de Thomson. Je me suis proposé de vérifier expérimentalement que, étant donné un flux d'électricité $+m$ par unité de temps émané d'un point A, d'un milieu conducteur en contact avec un deuxième milieu par un plan indéfini P, on peut remplacer pour tous les points du premier milieu, le plan par un flux $\frac{K_2 - K_1}{K_1 + K_1} m$ émanant du point A' symétrique de A; K_1 et K_2 étant les résistances spécifiques des deux milieux; si $\frac{K_2}{K_1}$ est très petit, ce flux devient sensiblement $-m$. On en déduit que le flux qui traverse un élément dS du plan P est proportionnel à l'angle sous lequel on le voit du point A, ou en appelant ρ la distance de A à dS, en raison inverse de ρ^3.

Le point A est une électrode à la Wollaston, reliée au pôle positif d'une pile. Le plan P est formé par deux feuilles de cuivre circulaires, de 22 centimètres de diamètre, fendues le long d'un rayon chacune d'une ouverture de 1 centimètre de large, les deux ouvertures étant superposées. Entre elles, on dispose une lame de platine rétablissant la continuité du plan. Enfin les deux lames sont serrées fortement l'une contre l'autre au moyen de vis de pression, et placées au fond d'un vase de même diamètre sur une couche de mercure en communication avec l'autre pôle de la pile. Entre ces deux électrodes, on électrolyse une solution de sulfate de cuivre.

L'expérience terminée, on retire la lame de platine, et l'on analyse le dépôt en le dissolvant de centimètre en centimètre dans l'acide azotique. On a ainsi la quantité moyenne de cuivre par unité de surface, c'est-à-dire une grandeur proportionnelle au flux, pour des abscisses croissant de 1 centimètre à partir du centre dans le sens du rayon. Au moyen des rec-

(*) *Comptes rendus*, t. CX, p. 37.

tangles élémentaires représentant les poids de cuivre, on peut tracer une courbe. Soient a la distance normale AP = 4 centimètres, x l'abscisse du point où la densité est σ; cette courbe doit être représentée par une équation de la forme $\sigma = \frac{A}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$; et l'intégrale $\int \sigma dx = \frac{A}{a_2} \frac{x}{(a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}}$ effectuée entre les limites successives 0-1, 0-2..., donner les poids trouvés par expérience. Notons que, a étant connu, une seule constante A entre dans la formule. Voici les résultats de la comparaison avec la courbe $\sigma = \frac{5230}{(16+x^2)^{\frac{3}{2}}}$.

x	$\int \sigma du$.	Expériences	x	$\int \sigma du$.	Expériences
	milligrammes			milligrammes	
0-1.	79	77	6-7.	12	11,5
1-2.	68	70	7-8.	9	9
2-3.	50	50	8-9.	6	7,5
3-4.	36	39	9-10.	5,5	6,5
5-5.	23	22,5	10-11	4	4,5
5-6.	17	15			

Ces nombres sont très concordants. Remarquons que le poids total déposé était de 317^{mgr},5; l'intégrale $\int \sigma dx = 327^{mgr}$ n'en diffère que de 0,06. Le plan conducteur pouvait donc être regardé comme indéfini. Les 10^{mgr} manquants s'étaient déposés sur le mercure et un peu sous le platine, dont l'adhérence n'était pas absolue. On voit d'ailleurs que sur les bords, il y a de légères perturbations.

On peut donc conclure que, dans le cas très simple étudié, l'extension du principe, des images à l'electricité dynamique est légitime; que les surfaces de flux et équipotentielles sont les mêmes qu'en électrostatique.

(*Comptes rendus*, 6 *janvier* 1890.)

BIBLIOGRAPHIE.

Statistique du service télégraphique en Italie.

Le Ministre des Postes et des Télégraphes du royaume d'Italie vient de publier un premier compte rendu statistique des services placés sous sa haute direction (Poste, Télégraphe, Téléphone et Caisse d'Épargne).

Cette publication contient d'intéressants renseignements sur la situation du service télégraphique en Italie et sur ses progrès durant l'année ou l'exercice 1888-1889 avec un appendice concernant la période du 1er juillet au 31 décembre 1889.

Exploitations et communications des télégraphes électriques, par M. le professeur Dr Karl Zetzsche, ingénieur des télégraphes. — Wilhelm Knapp, éditeur, Halle. a. s.

Depuis plusieurs années M. le professeur Zetzsche poursuit la publication d'un important manuel de télégraphie électrique qui en est aujourd'hui au troisième volume. Le premier fascicule de la deuxième partie vient de paraître : il comprend lui-même deux divisions.

La première, consacrée à la marche du courant dans les lignes et appareils, décrit les montages pour différents modes de transmission, courants continus et courants de repos et passe en revue les divers genres de signaux télégraphiques, visuels, acoustiques, fugitifs, permanents, automatiques, etc. Dans la seconde division, M. Zelzsche et M. Tóbler qui s'est associé à son œuvre examinent les systèmes de télégraphie simple. L'appareil Morse y tient naturellement une large place avec les installations sur postes ordinaires ou embrochés, translations à plusieurs directions avec commutateurs; viennent ensuite l'Estienne et le Hughes.

Les auteurs qui ne se sont, dans la première partie de leur travail, occupés que de lignes sans capacité reprennent les

mêmes questions pour les conducteurs doués de capacité et se livrent à une intéressante étude des modifications apportées au Morse et au Hughes pour cette application, en particulier des méthodes de compensation ou de décharge. L'admirable instrument de Sir William Thomson, le siphon recorder, est décrit dans cette partie de l'ouvrage qui se complète ainsi peu à peu.

Nécrologie.

X. Schaeffer.

M. Schaeffer, ingénieur des télégraphes à la direction régionale de Paris, est mort, le 6 août dernier, à l'âge de trente-trois ans. Cette perte a été ressentie douloureusement dans tous les rangs de l'administration et le nombreux cortège qui l'a conduit à sa demeure dernière témoignait assez des regrets qu'il a laissés chez tous ceux qui l'ont approché.

C'est que tous avaient pu apprécier, en même temps que les dons de son intelligence, la droiture de son caractère et la bonté de son cœur.

Élève de l'École polytechnique de la promotion de 1877, il entra dans l'administration des télégraphes au moment où la construction du réseau souterrain d'une part, de l'autre le développement rapide de la téléphonie offraient aux ingénieurs un vaste champ d'études. Aucun service ne pouvait mieux convenir à Schaeffer qui apportait avec lui son activité, la clarté et la précision de ses idées et son bon sens pratique. Telles sont, en effet, les qualités qui l'ont toujours distingué dans les services dont il fut chargé, soit à Montpellier, soit à Dijon, soit à Paris, comme dans les missions qui lui furent confiées. Qu'il participe à la pose des câbles de Tunisie (1882), qu'il aille en plein hiver remettre en état les lignes souterraines de La Maurienne (1889), qu'il fasse l'étude du réseau téléphonique de Berlin (1889), il se donne tout entier avec abnégation et, quand sa tâche est remplie, il sait faire profiter

l'administration entière de ses travaux par des rapports d'une clarté lumineuse.

Schaeffer n'était pas seulement un excellent ingénieur et un fonctionnaire modèle. Chercheur infatigable, il se plaisait à trouver dans les ressources de son imagination des améliorations dont il put faire profiter ce service télégraphique qu'il aimait avec passion. Il laisse après lui un système de décharge pour les lignes souterraines des plus simples et des plus élégants, ainsi qu'un type de potelet métallique qui montre avec quel esprit d'analyse il abordait les problèmes de la construction des lignes. Pourquoi faut-il qu'une mort prématurée l'ait empêché de produire davantage? Il n'aurait cessé de contribuer, s'il avait vécu, au progrès de la télégraphie, car il était de ceux qui étudient toujours et dont les études ne restent pas stériles.

H. T.

Gérant : Ve DUNOD. — PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES TÉLÉGRAPHIQUES

Année 1890 Novembre - Décembre

PHÉNOMÈNES D'INDUCTION ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE

DUS AUX COURANTS ALTERNATIFS

Un article, reproduit dans le numéro de juillet-août 1889, a présenté aux lecteurs des *Annales télégraphiques* un résumé des phénomènes de répulsions et de rotations électro-dynamiques que le professeur Elihu Thomson montrait d'une façon si brillante aux visiteurs de l'Exposition universelle de 1889, dans la section américaine (*).

Nous nous proposons de passer en revue, d'une façon un peu plus détaillée, ces expériences et un certain nombre d'autres, ou antérieures ou postérieures, qui se rattachent aux mêmes phénomènes d'induction électro-magnétique, et d'y ajouter quelques éclaircissements.

(*) Un exposé complet des premières et principales de ces expériences avait déjà été présenté par le même savant américain, en mai 1887, à l'*American Institute of Electrical Engineers*.

1. Tout d'abord le professeur Elihu Thomson rappelle les phénomènes suivants qu'il avait observés dès 1884 à l'Exposition de Philadelphie avec un électro-aimant puissant, en fer-à-cheval, dont les noyaux avaient environ 15 centimètres de diamètre et 50 centimètres de longueur. En outre, ces noyaux étaient formés de *faisceaux de tiges de fer* d'environ 8 millimètres de diamètre (*).

Cet électro-aimant était excité par une dynamo à *courant continu*. Si maintenant on prend un disque de cuivre de $1^{mm},5$ d'épaisseur environ, et qu'on le laisse tomber à plat sur l'un des pôles, on voit ce disque venir s'y appliquer doucement et manifester ainsi une répulsion de la part du pôle.

De même en prenant le disque par le bord on éprouve de grandes difficultés à frapper le pôle de l'électro-aimant par le bord opposé ; ce qui montre bien une répulsion de celui-ci quand le disque s'approche.

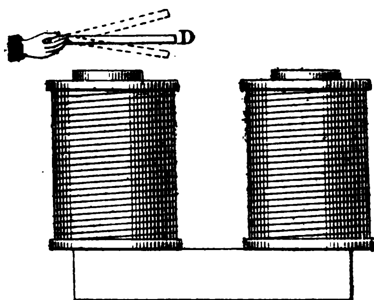


Fig. 1.

Le disque reposant sur le pôle, on ne peut qu'avec peine le soulever brusquement, et la résistance que l'on éprouve est d'autant plus prononcée que l'on veut produire un mouvement plus brusque. On a

(*) M. Preece a, d'ailleurs, fait remarquer depuis lors que ces phénomènes avaient été prévus et observés par Faraday; que cet illustre physicien en avait étudié théoriquement un certain nombre d'autres du genre de ceux de Mr. Elihu Thomson; mais qu'à cette époque les moyens pratiques lui avaient fait défaut pour les mettre expérimentalement en évidence, comme l'a fait depuis et d'une façon si remarquable Mr. Elihu Thomson.

donc ici, de la part de l'électro-aimant, une action inverse de la précédente.

Tenons avec la main le disque au-dessus de l'un des pôles, et supprimons le courant dans les bobines; à ce moment on éprouve une attraction passagère de l'électro-aimant sur le disque; on éprouvera au contraire une répulsion passagère si l'on rétablit brusquement le courant dans les bobines.

Une expérience analogue peut être faite avec un électro-aimant et un anneau plat de cuivre suspendu comme l'indique la *fig.* 2.

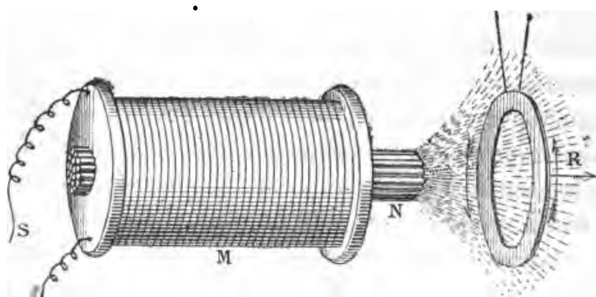


Fig. 2.

A chaque émission de courant dans la bobine on aperçoit un mouvement de répulsion de l'anneau par l'électro-aimant; tandis qu'une attraction se manifeste quand on interrompt le courant.

2. Tous les phénomènes qui précèdent s'expliquent facilement par la loi de Lenz, dont ils sont des conséquences immédiates. A l'approche du disque un courant induit de sens contraire à celui de la bobine se développe dans l'anneau qui est alors repoussé par le champ magnétique de l'électro-aimant; une action inverse se manifeste quand l'anneau est éloigné brusquement.

De même, dans le cas de la *fig.* 2 par exemple, au moment ou le courant est lancé dans les spires de la bobine un courant de sens contraire se propage dans l'anneau qui représente alors une sorte de feuillet magnétique dont la face nord est en regard du pôle nord de l'électro-aimant et qui, par suite, est repoussé par ce dernier. Une action inverse se manifeste lorsque l'on supprime le courant dans la bobine.

3. Voyons maintenant l'action qui se manifestera entre l'électro-aimant et l'anneau de la *fig.* 2, si, au lieu de courants intermittents on emploie des courants alternatifs (*).

Nous admettrons pour plus de simplicité que l'aimantation du noyau en fer divisé et par suite le champ magnétique suit la loi périodique simple. Ce champ magnétique variable engendre dans l'anneau une force électro-motrice de même forme, qui donne naissance à un courant induit dans ledit anneau. Il en résulte entre cet anneau et l'électro-aimant une action mécanique moyenne, et nous allons voir que cette action moyenne n'est autre qu'une répulsion.

Remarquons d'abord que cette action est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle au produit des valeurs à chaque instant de l'intensité du courant dans l'électro-aimant d'une part, et de l'intensité du courant dans l'anneau, d'autre part.

Supposons que le courant de l'électro-aimant ou courant primaire puisse être représenté par la courbe sinusoïdale OABC... de la *fig.* 3. Ce courant variable induit dans l'anneau une force électromotrice de même période, mais présentant, comme on le sait, un retard

(*) De 40 à 50 ampères, avec une fréquence de 90 par seconde.

de phase de 1/4 de période sur le courant inducteur, puisqu'elle est proportionnelle et de signe contraire au

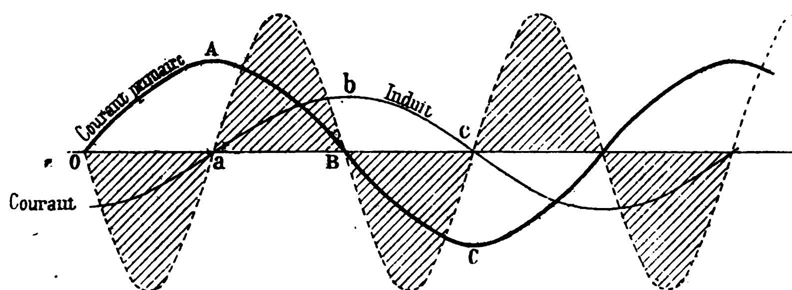


Fig. 3.

taux de la variation $\frac{dI}{dt}$ de ce courant par rapport au temps. Cette force électromotrice, à son tour, donne naissance à un courant ayant même période, et qui aurait une même différence de phase (1/4 de période) que le courant inducteur, si l'anneau ne possédait pas d'auto-induction; ce courant serait alors représenté par une courbe telle que *abc*... Dans ces conditions, l'action de l'électro-aimant sur l'anneau étant proportionnelle au produit des deux intensités à chaque instant, on aurait pour représenter cette action une courbe telle que celle qui est figurée en pointillé et qui passe par tous les points où chacune des deux courbes précédentes coupe l'axe des abscisses. L'impulsion totale pourrait être évaluée en prenant les aires comprises entre l'axe et la troisième courbe. Cette figure montre assez clairement que pendant la durée d'une période entière la somme des impulsions positives est égale à la somme des impulsions négatives; et comme résultat pratique l'anneau resterait au repos.

Mais, en réalité, l'anneau présente un coefficient

d'auto-induction appréciable, ou plutôt le rapport de ce coefficient à la résistance même de l'anneau est du même ordre que le rapport que l'on obtiendrait avec une bobine de mêmes dimensions dont le circuit serait fermé sur lui-même. On verrait, en effet, par un calcul approximatif que ce rapport $\frac{L}{R}$, L étant le coefficient d'auto-induction et R la résistance, reste sensiblement le même pour une bobine de mêmes dimensions, avec le même volume de cuivre et quel que soit le diamètre sous lequel est débité ce cuivre. Il s'ensuit que le retard de phase du courant induit n'est pas seulement de 1/4 de période; mais qu'il est encore augmenté de ce chef d'une fraction de période égale à φ; la fraction φ étant définie par la relation :

$$\text{tang} \frac{2\pi}{T} \varphi = \frac{2\pi}{T} \frac{L}{R},$$

dans laquelle T désigne la durée d'une période.

Par suite, sur la figure, nous devrons reporter la courbe du courant induit d'une longueur égale à φ vers la droite. Nous obtenons ainsi le diagramme de la *fig.* 4.

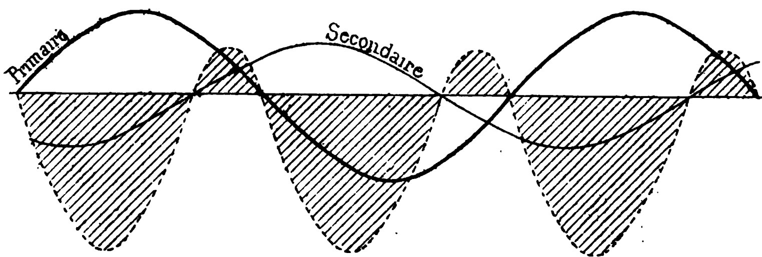


Fig. 4.

Mais alors on voit nettement que les aires ombrées qui se trouvent au-dessous de l'axe des abscisses et

qui représentent l'action répulsive sont supérieures à celles qui se trouvent au-dessus de cet axe et qui représentent l'action attractive. Et ceci tient à deux causes : d'abord, à ce que les espaces de temps, pendant lesquels les deux courants ont même direction, sont beaucoup plus courts que ceux pendant lesquels ils sont de sens contraire ; et puis, à ce que, pendant les premiers, les intensités sont plus faibles que pendant les seconds. On voit, d'ailleurs, que ces derniers comprennent toutes les plus grandes valeurs positives ou négatives des intensités.

Les répulsions prédomineront donc ; et c'est de fait une répulsion résultante que l'on observe ; l'anneau semble violemment repoussé par l'électro-aimant.

4. On peut encore expliquer ce résultat par le calcul. Soit, en effet, I et i le courant inducteur de l'électro-aimant et le courant induit dans l'anneau.

L'un et l'autre peuvent être représentés par les fonctions suivantes :

$$I = I_0 \sin mt,$$
$$i = i_0 \sin m(t - \varphi).$$

dans ces formules $m = \frac{2\pi}{T}$, T, étant la durée d'une période entière, et φ représentant le retard de phase du second courant par rapport au premier.

L'effort statique réciproque de ces deux courants est à chaque instant proportionnel au produit :

$$Ii = I_0 i_0 \sin mt \cdot \sin m(t - \varphi),$$

et, pendant une période entière, l'action moyenne sera :

$$I_0 i_0 \frac{\int_0^T \sin mt \cdot \sin m(t - \varphi) \cdot dt}{T}.$$

Si l'on dévoloppe l'expression sous le signe $\int$ et si l'on remarque que l'on a :

$$\sin^2 mt = \frac{1 - \cos 2mt}{2},$$

$$\sin mt \cdot \cos mt = \frac{\sin 2mt}{2},$$

la quantité à intégrer sera :

$$\frac{\cos m\varphi}{2}\left(\int_0^T dt - \int_0^T \cos 2mt\,dt\right) - \frac{\sin m\varphi}{2}\int_0^T \sin 2mt\,dt,$$

et, dans l'intervalle compris entre 0 et T, le résultat de l'intégration se réduit à :

$$\frac{\cos m\varphi}{2} \cdot T.$$

Par suite, l'action moyenne, pendant une période entière, est proportionnelle à

$$\text{(A)} \qquad \frac{I_0 i_0}{2} \cos m\varphi.$$

Dans le cas qui nous occupe, nous savons que la force électromotrice, induite dans l'anneau, présente déjà un retard de phase de 1/4 de période sur le courant inducteur ; le courant induit entretenu par cette *f.e.m.* est lui-même en retard sur cette dernière ; d'où il résulte que le retard de phase du courant induit sur celui de l'étectro est supérieur à un quart de période (*) ; par conséquent, l'arc $m\varphi$ est plus grand

(*) En réalité l'arc $m\varphi$ est défini par la relation :

$$\operatorname{tg} m\varphi = -\frac{R}{mL},$$

R étant la résistance et L le coefficient d'auto-induction, ou *inductance*, de l'anneau.

Le retard φ' du courant induit sur la force électromotrice induite est défini par la relation

$$\operatorname{tg} m\varphi' = \frac{mL}{R}.$$

que $\frac{\pi}{2}$ et $\cos m\varphi$ est négatif. L'action moyenne est donc une répulsion.

Ce résultat peut être représenté géométriquement d'une façon très simple par la méthode que l'on emploie fréquemment dans l'étude des courants alternatifs et que je vais sommairement rappeler.

Soit OA (*fig.* 5) une droite de longueur I_0 et faisant avec OX un angle variable égal à mt. La valeur de sa projection sur OY sera

$$I = I_0 \sin mt.$$

Si nous supposons que cette droite tourne autour de O d'un mouvement uniforme, avec une vitesse angulaire égal à m, en sens inverse des aiguilles d'une montre, sa projection représentera à chaque instant en grandeur et en signe la valeur de la fonction I.

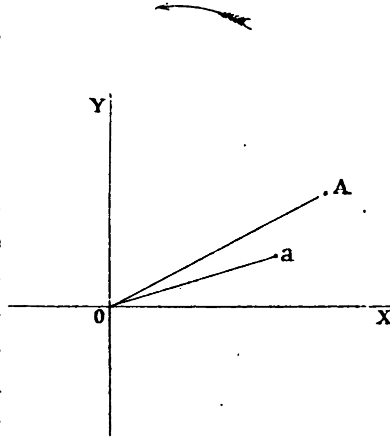


Fig. 5.

Il en sera de même pour toute autre fonction périodique de même forme et de période égale, telle que :

$$i = i_0 \sin mt\,(t - \varphi).$$

Pour avoir cette dernière, il suffira de tracer une droite Oa de longueur i_0, et faisant avec la première un angle AOa égal à $m\varphi$ et compté en sens inverse du mouvement convenu, c'est-à-dire dans le sens des aiguilles d'une montre.

Dans le cas particulier qui nous occupe, les deux droites OA et Oa, respectivement égales à I_0 et à i_0, doivent être tracées de telle sorte que leur angle AOa soit supérieur à $\frac{\pi}{2}$, comme sur la *fig.* 6.

Fig. 6.

De plus, nous avons vu que l'effort statique moyen d'un courant sur l'autre est proportionnel à l'expression :

$$\text{(A)} \qquad \frac{I_0 i_0}{2} \cos m\varphi.$$

Cette expression représente sur la figure le produit de l'une des longueurs OA par la demi-projection de la seconde, Oa, sur la première ; ou bien encore, l'aire du triangle AOa', la droite Oa' étant de longueur égale à Oa et faisant avec elle un angle égal à 90 degrés.

Enfin l'expression ci-dessus est de même signe que $\cos m\varphi$, et, dans le cas présent, elle sera négative, puisque, comme nous l'avons expliqué plus haut, l'arc $m\varphi$ est supérieur à $\frac{\pi}{2}$.

5. Dans ce qui précède, nous avons supposé, pour plus de simplicité, que l'intensité i_0 du courant induit était connue. Il est, d'ailleurs, tout aussi facile de mettre en évidence dans les calculs l'induction mutuelle des deux circuits, et d'évaluer en fonction de celle-ci l'intensité maxima i_0, dont il s'agit.

Nous supposerons simplement, ce qui était le cas des expériences de M. E. Thomson, que le courant inducteur est réglé à *intensité constante ;* et que celui-ci est de la forme :

$$I = I_0 \sin mt,$$

dans laquelle m et I_0 sont connues et constantes.

Appelons M le coefficient d'induction mutuelle des deux circuits ; R la résistance du circuit induit et L son *inductance* (*). La force électromotrotrice qui agit dans ce circuit est $-M \frac{dI}{dt}$; on a donc

$$(1) \qquad -M \frac{dI}{dt} = Ri + L \frac{di}{dt}.$$

Nous savons que le courant induit i est de même forme que le courant inducteur et peut s'écrire :

$$i = i_0 \sin m(t - \varphi).$$

On a donc :

$$\frac{d^2i}{dt^2} = -m^2 i,$$

De même qu'on a :

$$\frac{d^2I}{dt^2} = -m^2 I.$$

Si nous différentions l'équation (1), en tenant compte des relations précédentes, nous aurons l'équation (2)

$$(2) \qquad M m^2 I = R \frac{di}{dt} - L m^2 i.$$

Il suffira, pour obtenir i, d'éliminer $\frac{di}{dt}$ entre (1) et (2). On a ainsi, après avoir remplacé I par sa

(*) L'inductance est le coefficient d'auto-induction ou de self-induction, ainsi que l'a appelé Mr. Heaviside, par analogie avec la *résistance*.

valeur :

$$(R^2 + m^2L^2)\,i = -\,M I_0 m R \left(\cos mt + \frac{mL}{R} \sin mt\right).$$

Posons $\frac{mL}{R} = \operatorname{tang} m\theta$, l'équation précédente devient :

$$(R^2 + m^2L^2)\,i = -\,M I_0 m \cdot \frac{R}{\cos m\theta} \cdot \cos m\,(t - \theta),$$

$$i = -\,M I_0 \frac{m}{R} \cos m\theta \cdot \cos m\,(t - \theta),$$

ou bien :

$$i = M I_0 \frac{m}{R} \cos m\theta \cdot \sin m \left(t - \frac{T}{4} - \theta\right).$$

Si nous posons :

$$m\left(\frac{T}{4} + \theta\right) = m\varphi,$$

et si nous remarquons que

$$\sin m\theta = -\cos m\varphi$$

et

$$\cos m\theta = \sin m\varphi,$$

nous avons finalement :

$$(3) \qquad i = M I_0 \frac{m}{R} \sin m\varphi \cdot \sin m\,(t - \varphi);$$

La valeur de i_0 est donc ici :

$$M I_0 \frac{m}{R} \cdot \sin m\varphi.$$

Par suite l'action mécanique moyenne des deux courants l'un sur l'autre sera :

$$(4) \qquad \frac{I_0 i_0}{2} \cos m\varphi = M \cdot \frac{I_0^2}{2} \cdot \frac{m}{R} \sin m\varphi \cos m\varphi.$$

Or

$$\sin m\varphi = \cos m\theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + m^2L^2}},$$

$$\cos m\varphi = -\sin m\theta = -\frac{mL}{\sqrt{R^2 + m^2L^2}}.$$

L'action moyenne sera donc, pour une position déterminée des deux circuits et caractérisée par la valeur M du coefficient d'induction mutuelle, proportionnelle à :

$$(6) \qquad -\mathrm{M}\cdot\frac{\mathrm{I}_0^2}{2}\cdot m^2\cdot\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{R}^2+m^2\mathrm{L}^2}.$$

6. Jusqu'ici nous avons admis qu'une force électromotrice alternative, celle d'induction, de forme *périodique simple :*

$$-\mathrm{M}\frac{d\mathrm{I}}{dt}=-\mathrm{M}m\mathrm{I}_0\cos mt,$$

engendrait un courant de même forme *simple* quand le régime périodique est établi dans le circuit. Ceci est exact pour le cas que nous avons considéré, où le circuit induit est en cuivre dépourvu de fer. Et alors il a été facile de calculer le produit des deux intensités, et d'évaluer le signe et même la grandeur de l'action moyenne des deux circuits l'un sur l'autre. Il en serait de même, si le courant inducteur quoique périodique ne présentait pas la forme simple, pourvu que le circuit induit fût toujours dans les mêmes conditions ; car il suffirait de supposer développée en série de Fourier la fonction qui représente le courant inducteur. Chacun des termes de cette série, pris à part, pourrait être considéré comme un courant périodique simple et traité comme ci-dessus. On aurait pour ce terme une action mécanique moyenne représentant une répulsion ; et l'action moyenne *totale* serait la somme de ces actions partielles. La résultante serait évidemment une action répulsive.

Mais il n'en sera plus du tout ainsi si, pour diverses causes telles que la présence de fer dans l'anneau

induit (*), à une force électromotrice de forme périodique simple correspond un courant de forme périodique complexe. Celui-ci pourra être décomposé, par la série de Fourier, en fonctions périodiques simples de périodes T, $\frac{T}{2}$, $\frac{T}{3}$, ..., etc., avec des différences de phases diverses. Si l'on calcule pour chacune de ces fonctions simples l'action moyenne sur le courant inducteur de forme simple, on trouvera des résultats variant de l'une à l'autre ; et l'action résultante pourra très bien être, par exemple, une attraction au lieu d'une répulsion.

7. Il y a quelques mois, Mr. Borgmann (**), en cherchant à reproduire avec des appareils de laboratoire les expériences de Mr. Élihu Thomson, a fait quelques mesures approximatives sur des cas particuliers très simples, et il a ainsi vérifié certaines conséquences des lois générales, et, par suite, des formules que nous avons indiquées ci-dessus. Les mesures ont porté sur les efforts répulsifs exercés par un solénoïde, traversé par un courant alternatif, sur des disques ou des anneaux métalliques. Voici quelques données concernant les appareils employés :

« La bobine était composée d'un simple rouleau de « fils de cuivre isolé de 2^{mm},5 de diamètre. La hau« teur de la bobine était de 120 millimètres, et le dia« mètre intérieur de 43 millimètres ; elle a été employée « *sans noyau de fer.* »

Je me contenterai de citer et de commenter brièvement les résultats les plus importants énoncés par cet auteur.

(*) Voir, A. Vaschy, *Traité d'électricité et de magnétisme*, § 214.
(**) *Comptes rendus.*

« 1° Les répulsions d'un disque métallique, placé « horizontalement au-dessus d'une bobine, sont pro- « portionnelles à $\int I^2 dt$. »

Ce qui revient à dire que, pour une même fréquence du courant alternatif et toutes choses égales d'ailleurs, les répulsions sont proportionnelles au carré de l'intensité moyenne, ou, si l'on veut, au carré de l'intensité maxima I_0 du courant qui traverse la bobine inductrice. Ce résultat ressort évidemment de l'expression (6) ci-dessus, et l'expérience le vérifie.

« 2° Ces répulsions diminuent si la distance du « disque à la bobine augmente (à peu près comme la « racine carrée de la distance). »

« 3° A diamètre égal les répulsions augmentent « avec l'épaisseur du disque. »

Parce que dans ce cas, l'inductance du disque, variant peu ou moins vite que sa résistance qui varie en raison inverse de l'épaisseur, l'intensité du courant induit a augmenté.

« 4° L'épaisseur restant la même, les répulsions « diminuent avec le diamètre. »

L'explication serait analogue à la précédente.

« 5° Les répulsions diminuent quand la résistance « spécifique de la matière du disque augmente, mais « dans une proportion moindre (à cause de la self- « induction). »

Le professeur Elihu Thomson n'avait pas manqué de faire cette remarque élémentaire à propos de ses expériences, comme on le verra plus loin.

En somme, les résultats 3°, 4° et 5° sont, comme on le voit, des conséquences immédiates des lois élémentaires.

« 6° Les répulsions augmentent quand le nombre

« de changements de directions de courant dans « l'unité de temps diminue. »

Ce résultat est en contradiction avec la formule (6) déjà citée. Car dans cette expression la quantité $m = \frac{2\pi}{T}$ est proportionnelle au nombre de changements de direction dont il s'agit, et l'on voit que l'action répulsive augmente quand m augmente. Mais cela suppose que l'intensité maxima I_0 demeure sensiblement la même, comme nous l'avons admis, et c'est dans la variation de I_0, pour le cas des expériences de Mr. Borgmann, qu'il faut chercher, je crois, la cause de cette anomalie. Le résultat n'est pas, en effet, aussi simple que semble le supposer l'énoncé ci-dessus. L'expérimentateur employait comme source électrique une batterie d'accumulateurs de force électromotrice déterminée et qu'il rendait alternative au moyen d'un commutateur mis en mouvement par un petit moteur électrique ; le nombre d'alternations par seconde dépendait de la vitesse de rotation du commutateur. La force électromotrice maxima de la source était constante ; il opérait donc à *potentiel constant* au lieu d'opérer à *intensité constante*, comme nous l'avons supposé dans notre théorie du § 5. Mais alors, par suite de la réaction des deux circuits inducteur et induit l'un sur l'autre et pour une force électromotrice donnée, l'intensité maxima dans l'induit, comme dans l'inducteur, augmente quand le nombre d'alternations par seconde diminue, et, par suite, l'action répulsive diminue dans ces conditions.

Mr. Borgmann dit, en outre, que dans une de ses expériences « un disque de fer était *attiré* par la bobine à courants alternatifs. » Malheureusement il n'est

donné aucune autre indication sur ce cas particulier qui, bien qu'il semble en contradiction avec l'ensemble des expériences de Mr. Elihu Thomson, peut tout de même être expliqué par un raisonnement analogue à celui qui a été indiqué dans le § 6 ci-dessus.

8. On pourrait, d'ailleurs, obtenir une *attraction* au lieu d'une répulsion, même avec une bobine en fil de cuivre soumise à l'action d'un électro-aimant à courants alternatifs. Supposons, en effet, que, au lieu de fermer sur lui-même le circuit de cette bobine, on le ferme par l'intermédiaire d'un condensateur de capacité C, et appelons V la différence de potentiel aux bornes du condensateur. L'équation (1) du § 5 deviendra dans ce cas :

$$(7) \qquad -M\frac{dI}{dt} - V = Ri + L\frac{di}{dt},$$

avec la condition

$$(8) \qquad C\,dV = i\,dt.$$

Si l'on différencie l'équation (7), en tenant compte de (8) et en se rappelant que :

$$\frac{d^2I}{dt^2} = -m^2I \quad \text{et} \quad \frac{d^2i}{dt^2} = -m^2i,$$

on trouve :

$$Mm^2I = R\frac{di}{dt} + \left(\frac{1}{C} - m^2L\right)i$$

et, en différentiant une seconde fois, on arrive finalement à l'équation :

$$(9) \qquad -M\frac{dI}{dt} = Ri + \left(L - \frac{1}{Cm^2}\right)\frac{di}{dt},$$

qui n'est autre que l'équation (1) dans laquelle l'inductance L est remplacée par $L - \frac{1}{Cm^2}$; ce qui revient

à dire que le condensateur intervient dans le circuit, où il est placé, uniquement comme une inductance de valeur : $-\frac{1}{Cm^2}$.

Si donc nous remplaçons L par $\left(L - \frac{1}{Cm^2}\right)$ dans l'expression (6), nous aurons :

$$-M \frac{I_0^2}{2} \cdot m^2 \cdot \frac{L - \frac{1}{Cm^2}}{R^2 + m^2\left(L - \frac{1}{Cm^2}\right)^2},$$

et l'action réciproque des deux circuits deviendra positive si l'on a :

$$m^2 \cdot CL < 1.$$

L étant exprimée en quadrants, et C en farads.

Cette condition est *indépendante du coefficient* M.

L'action réciproque sera nulle, quel que soit M, si l'on a :

$$m^2 \cdot CL = 1.$$

J'ignore si cette expérience a été tentée.

(*A suivre.*) M. CAILHO.

NOTE

SUR DES ESSAIS EN LIGNE DE CAPACITÉ

SELF-INDUCTION ET INDUCTION MUTUELLE

La conférence technique réunie, en 1889, par M. le Directeur général des postes et télégraphes, avait émis le vœu que des expériences fussent entreprises en vue de déterminer la capacité électrostatique, la self-induction et l'induction mutuelle des fils aériens.

Pour donner satisfaction à ce désir, des essais furent d'abord tentés sur les circuits téléphoniques de Paris-Bruxelles, aux heures pendant lesquelles ces fils sont disponibles.

Ces tentatives ne donnèrent aucun résultat et il resta acquis qu'il était fort difficile d'opérer sur des fils de grandes lignes, ces dernières supportant toujours d'autres conducteurs qui ne sont jamais silencieux, et ne permettant pas dès lors des expériences aussi délicates.

Les mesures ne peuvent vraisemblablement être menées à bonne fin que sur les fils absolument isolés du réseau général et ne côtoyant aucun fil qui se prolonge sur les lignes recevant des conducteurs parcourus par des courants télégraphiques.

Pour réaliser ce programme, on choisit les deux fils Épernay-Montmort et Épernay-Congy, ce dernier coupé à Montmort. Les deux fils partent ensemble du bureau

d'Épernay, à $0^{m},40$ l'un de l'autre, par une ligne sur route qui ne supporte que des fils municipaux ne travaillant pas la nuit, et n'ayant aucun appui commun avec des fils du réseau général. Deux câbles de 25 mètres allaient prendre les fils sur le poteau d'entrée du bureau et les amenaient à la chambre d'expérience.

Une première tentative eut lieu les 25 et 26 août, qui montra la possibilité des mesures sur les fils choisis, et, le 28 octobre, une première série de mesures fut effectuée.

Voici les résultats obtenus, par un temps brumeux et froid, sur deux fils de fer de 3 millimètres, placés à $4^{m},50$ du sol environ, distants l'un de l'autre de $0^{m},40$ et ayant une longueur de $18^{km},200$.

Isolement. — L'isolement fut mesuré au pont de Wheatstone :

Fil de Congy, 330.000^{ω}, soit 6^{Ω} au kilomètre ;

— de Montmort, 470.000^{ω}, soit $8^{\Omega},5$ au kilomètre.

Conductibilité. — Les deux fils bouclés à Montmort donnèrent une résistance de 654^{ω}, soit $17^{\omega},9$ au kilomètre.

Capacité. — Par suite de leur faible isolement, les lignes se déchargeaient en 1/10 de seconde environ, et, pour éviter qu'aucun temps ne s'écoulât entre le moment où l'on isole la ligne de la pile et celui où la décharge est envoyée dans le galvanomètre, on adopta le dispositif spécial ci-contre (*fig.* 1).

A l'état de repos, sous l'action du ressort, l'extrémité B du levier BDC repose sur l'enclume K; en fermant la clef A on charge donc la ligne L, reliée en D au point fixé au levier; et si maintenant on abaisse la clef E, celle-ci au moment où elle atteint l'extrémité C du levier, rompt en B la communication

de la pile avec la ligne qui se décharge à travers le galvanomètre.

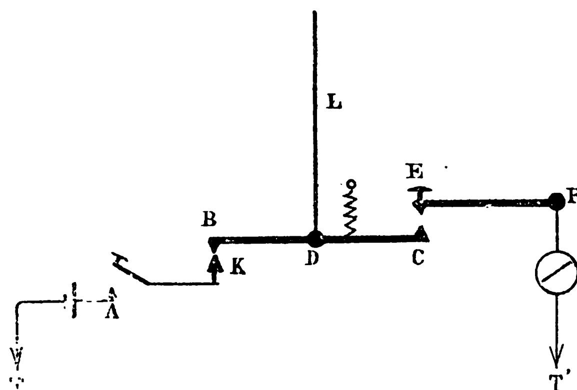


Fig. 1.

La pile employée était de 12 Callaud, et le galvanomètre resta shunté au 1/10 pour toutes les expériences de capacité.

Avec le fil de Congy, en intervertissant les pôles de la pile, on obtint respectivement des élongations de 112 divisions à droite et de 73 à gauche. L'écart entre les deux lectures provient du courant tellurique qui circule dans le conducteur par suite de son mauvais isolement; si en effet ou ouvre la clef A, et que l'on se contente, en abaissant la clef E, de mettre la ligne à la terre à travers le galvanomètre, on constate une élongation de 20 divisions à droite. Cette élongation, suivant qu'elle est de même sens ou non, doit s'ajouter à celle qui est produite par le courant de décharge, ou s'en retrancher. C'est bien ce qui a lieu puisque $73+20=113-20$.

Ce résultat se retrouve également pour le fil de Montmort, qui donna les chiffres 85, 76 et 5, alors que $76+5=86-5$.

Si l'on considère d'un autre côté les deux fils isolés comme constituant les deux armatures d'un condensateur (cas des circuits téléphoniques à double fil), et si l'on relie les points T et T′ au deuxième fil au lieu de les mettre à la terre, on obtient les chiffres 68, 61 et 4 qui vérifient encore à une unité près l'égalité $61 + 4 = 69 - 4$.

Il convient donc d'adopter les nombres suivants :

Pour Congy.	$73 + 20 = 93$
Pour Montmort.	$76 + 5 = 81$
Pour le système des deux fils.	$61 + 4 = 65$

Enfin en substituant dans les deux premières expériences à la ligne L, un condensateur de $0^{\varphi},15$. l'élongation fut trouvée de 71 divisions.

Il était à craindre toutefois que l'instant très court pendant lequel la clef E est en contact avec le levier sans que celui-ci ait encore quitté l'enclume K, et pendant lequel la pile se trouve par suite en circuit avec le galvanomètre, n'introduisit une cause d'erreur dans l'expérience. Effectivement si l'on mesure successivement avec le dispositif spécial la capacité de condensateurs *bien isolés* de $0^{\varphi},15$, $0^{\varphi},2$, $0^{\varphi},4$; les élongations trouvées, 71, 88, 152, ne sont pas entre elles comme les capacités 1,5, 2 et 4; et pour rétablir la proportion, il faudrait retrancher à chacun des chiffres précités 23; ils deviennent alors 48, 65 et 129, alors que les nombres 48, 65 et 128 justifient exactement la proportion $\frac{1,5}{48} = \frac{2}{64} = \frac{4}{128}$.

Le court instant pendant lequel la pile se trouve sur le galvanomètre introduirait donc une élongation étrangère de 23 divisions. Cette supposition se vérifie facilement, et en substituant au dispositif spécial une

clef à décharge ordinaire, on trouve bien pour le condensateur de 0ᵠ,2 une élongation de $65 = 88 - 23$.

Les chiffres donnés par l'expérience doivent donc être diminués de 23, et l'on doit adopter en résumé les élongations suivantes :

Pour le fil de Congy	70
Pour le fil de Montmort	58
Pour le système des deux fils	42
Pour un condensateur de 0,15	48

Le fil de Montmort est mieux isolé que celui de Congy; il convient de s'arrêter au chiffre trouvé pour lui, et on arrive ainsi à une capacité kilométrique de 0ᵠ,0097 pour le fil de Montmort et de 0ᵠ,0070 pour le système des deux fils.

Ces chiffres sont vraisemblablement trop forts, puisque les mesures attribuent au fil de Congy, encore moins bien isolé que celui de Montmort, une capacité plus élevée. Les expériences devront donc être reprises en améliorant l'isolement des fils, et en le portant, ce qui n'a rien d'excessif, à 150 ou 200Ω par kilomètre.

Induction mutuelle. — On emploie la méthode indiquée par M. Vaschy, dans son *Traité d'électricité et de magnétisme*, § 380 (*).

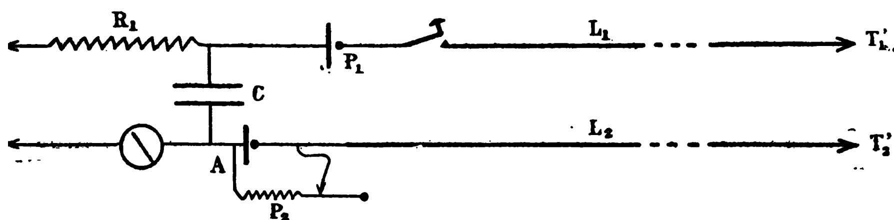


Fig 2.

Soit $T_1 T_2$ (*fig.* 2), deux terres distinctes à Épernay, $T'_1 T'_2$ deux terres distinctes à Montmort. R_1 une résis-

(*) Voir *Annales télégraphiques*, 1886, p. 543.

tance donnée, prise arbitrairement, C un condensateur gradué dont on fait varier la capacité; L_1 la ligne inductrice, L_2 la ligne induite, R_2 la résistance du circuit AT'_2; on trouve, en calculant l'effet produit dans le galvanomètre par l'induction de L_1 sur L_2 et par la charge du condensateur, que ces effets s'annulent lorsque le produit CR_1R_2 est égal au coefficient M d'induction mutuelle.

L'expérience est très simple : on appuie sur la clef P, on constate une élongation que l'on cherche à détruire en agissant sur le condensateur gradué.

On prit pour fil induit le fil de Montmort en meilleur état que celui de Cougy; la pile P_1 était toujours de 12 éléments. Pour détruire le courant tellurique qui circulait sur le fil de Montmort, et faisait sortir le spot de l'échelle, on se servit d'une pile shuntée au moyen d'une caisse de résistance et d'un fil de maillechort avec frotteur. On arriva ainsi à obtenir la compensation à 5 divisions près sans que le galvanomètre fût shunté; mais il faut remarquer que la pile doit se mettre en équilibre pour le débit qu'on lui demande, et que le courant tellurique est soumis à des variations lentes et continues; on règle donc le curseur de façon à être, suivant le cas, un peu au-dessus ou un peu au-dessous de la compensation, et on saisit le moment où elle va avoir lieu exactement pour donner le coup de clef.

En prenant $R_1 = 500$ choisi arbitrairement; $R_2 = 340$ valeur mesurée; on trouve pour C $0^{\varphi},34$.

On a donc $M = \dfrac{0,34 \times 500 \times 340}{1.000.000} = \dfrac{578}{10.000} = 0,0578$,

soit pour le coefficient d'induction mutuelle au kilomètre $0^{\text{quad.}},0032$.

Self-induction. — Les deux fils furent bouclés à Montmort, et c'est le self-induction de cette boucle qui fut mesurée, au moyen de la méthode indiquée également par M. Vaschy, dans son *Traité d'électricité et de magnétisme*, § 381 (*). On cherche à neutraliser l'effet de la self-induction de la ligne, en lui opposant l'effet de la charge d'un condensateur C shunté par une résistance R. Le résultat est atteint lorsque la capacité C du condensateur, la résistance R de la dérivation, la résistance R_1 de la ligne, sa capacité C_1, et sa self-induction L satisfont à la relation :

$$L - \left(CR^2 + \frac{1}{3} R_1^2 C_1\right) = 0.$$

L'expérience est disposée de la manière suivante

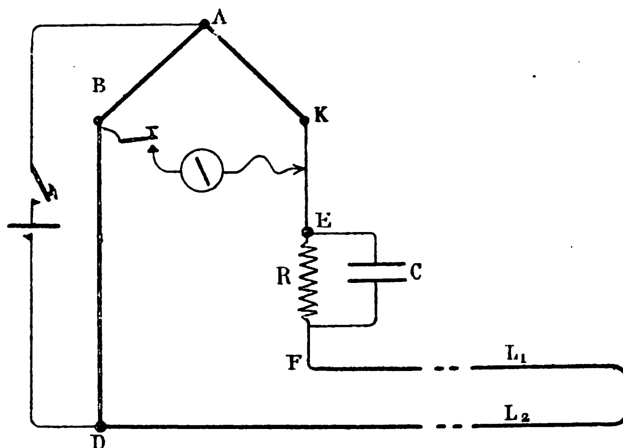


Fig. 3.

(*fig.* 3). Soient AB et AK les branches de proportion d'un pont de Wheatstone, BD la branche de compa-

(*) Voir également *Annales télégraphiques*, 1886, p. 538.

raison; KE est un fil de maillechort sur lequel glisse un frotteur relié à une des extrémités du galvanomètre, et grâce auquel on peut établir rigoureusement l'équilibre; C un condensateur gradué shunté par la résistance EF. L_1 et L_2 sont les deux fils bouclés à Montmort.

La pile est une pile de 12 callauds.

On donne à R une certaine valeur; on fait $C = 0$ et on établit l'équilibre au moyen de la branche de comparaison; on le rend absolument rigoureux en déplaçant convenablement le frotteur, et si, tout en maintenant la clef du galvanomètre fermée, on ouvre la clef de pile, en constate une élongation due à la self-induction. On fait alors varier C jusqu'à ce qu'on arrive à supprimer complètement cette élongation.

En prenant pour R successivement les valeurs 500 et 200, on a trouvé pour C : $0^{\varphi},8$ et 5^{φ}. Les deux expériences concordent pour attribuer au produit CR^2 la valeur 0,2; quant au terme $\frac{1}{3} R_1^2 C_1$, il est très faible en raison même du peu de longueur de la ligne; on a vu que $R_1 = 654$, $C_1 = 0,129$, par suite $\frac{1}{3} C_1 R_1^2 = 0^{quad},02$, d'où $L = 0^{quad},22$ pour la self-induction des deux fils bouclés, soit $0^{quad},012$ au kilomètre.

Il convient de remarquer l'identité des résultats obtenus en faisant varier les conditions de l'expérience.

Le chiffre prouvé correspond à une perméabilité de 100 environ pour le fer qui constitue les fils.

La self-induction d'un fil mis à la terre à Montmort n'a pu être mesurée, le courant tellurique variable à chaque instant qui parcourt alors le fil, ne permet pas

en effet d'établir pour les résistances l'équilibre absolu qu'exige l'application de la méthode.

Les résultats fournis par ces expériences ne sauraient être considérés comme définitifs; certains des dispositifs employés peuvent être améliorés, et les fils dont on se servait étaient mal isolés et insuffisamment longs; ce sont là des inconvénients que l'on cherchera à corriger dans de nouveaux essais. Mais il a paru intéressant d'indiquer notamment les valeurs approchées données par les premières mesures de self-induction et d'induction mutuelle, qui aient été effectuées en France sur les lignes.

E. Massin.

MATÉRIEL

POUR

BUREAUX CENTRAUX TÉLÉPHONIQUES

(Suite) (*).

Nous avons dû, pour faire comprendre la raison d'être des combinaisons de circuit adoptées dans le montage des cordons, en accompagner le croquis de l'exposé des opérations exécutées par l'employé et nous avons été conduits à discuter le pour et le contre de certains règlements de service. Nous allons maintenant indiquer brièvement les dispositions matérielles adoptées.

Les *fig.* 10 et 11 représentent deux standards : l'un, ancien modèle (*fig.* 10), de 50 lignes; l'autre (*fig.* 11) de 100, modèle actuel.

Un panneau vertical AIKB est muni des jacks et des annonciateurs; une planchette horizontale IKL porte les fiches, les cordons et les clefs *c* et *c'*. Les montants AE, BK se prolongent jusqu'au sol en N, P et soutiennent l'ensemble du meuble. Les annonciateurs individuels, affectés chacun exclusivement à une ligne déterminée, occupent la région supérieure ACDB du panneau vertical; les jacks individuels et les jacks de renvoi de tableau à tableau occupent la région immé-

(*) Voir *Annales télégraphiques*, p. 401.

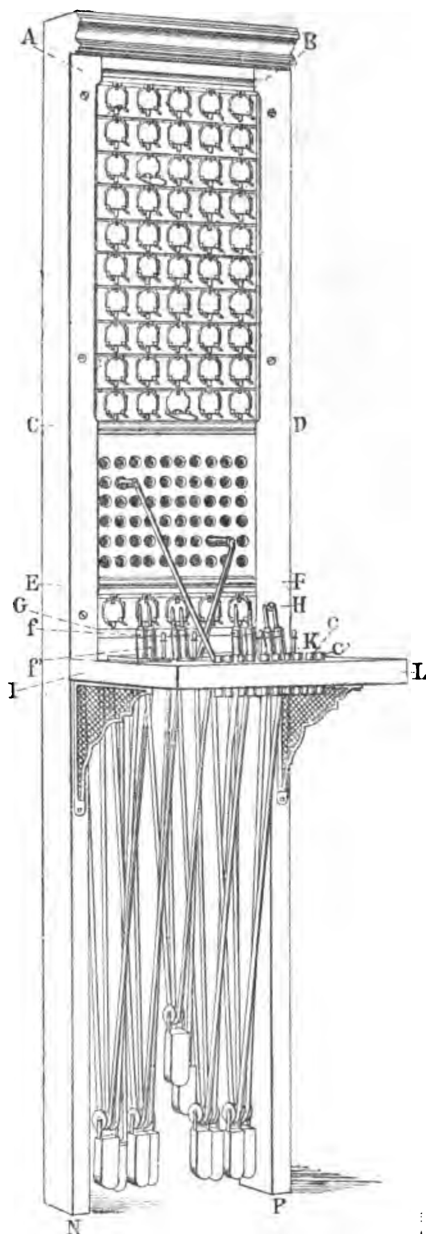


Fig. 10.

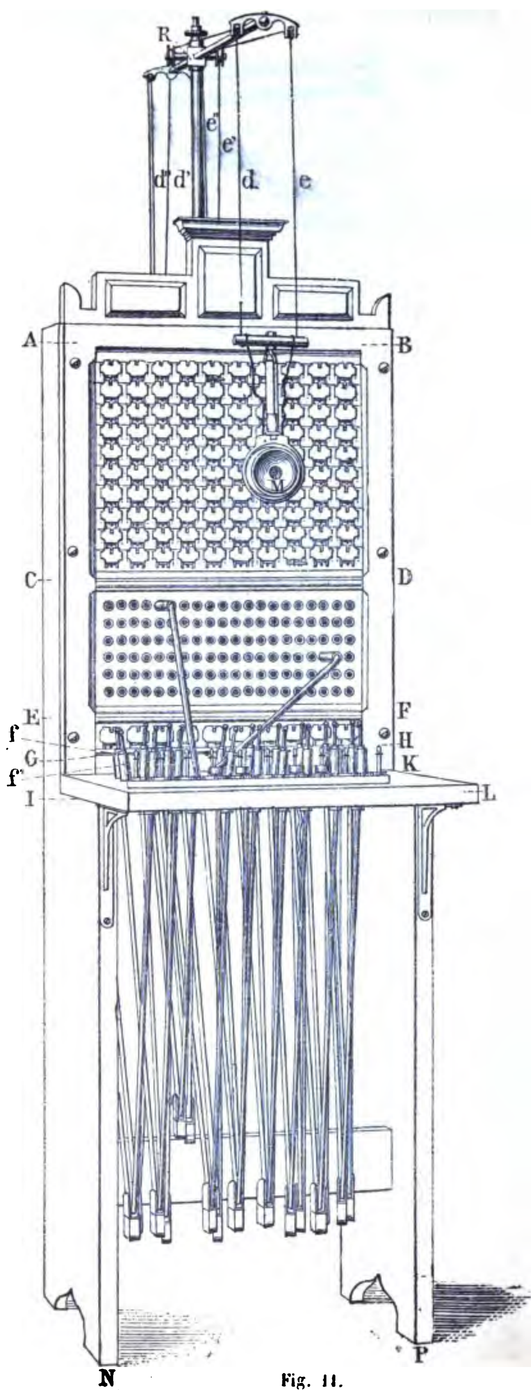


Fig. 11.

diatement au-dessous, CEFD; enfin la bande EGHF comprend les annonciateurs de fin de conversation correspondant aux paires de fiches.

Les annonciateurs de fin de conversation diffèrent des annonciateurs individuels. Ceux-ci (*fig.* 12), coupés

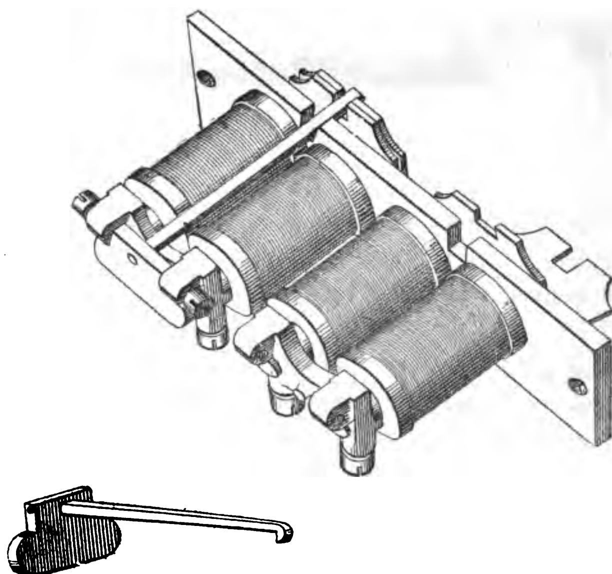


Fig. 12.

de la ligne pendant la conversation, ont la forme de petits électro-aimants bifurqués ordinaires; les premiers, au contraire, placés en dérivation pendant la communication, doivent favoriser la production d'extra-courants et sont des électro-aimants tubulaires (*fig.* 13). Les uns et les autres sont placés horizontalement, de façon que l'espace est ménagé et que l'armature, éloignée du volet, peut être réglée très près des noyaux tout en

laissant une amplitude d'excursion suffisante au bec de levier.

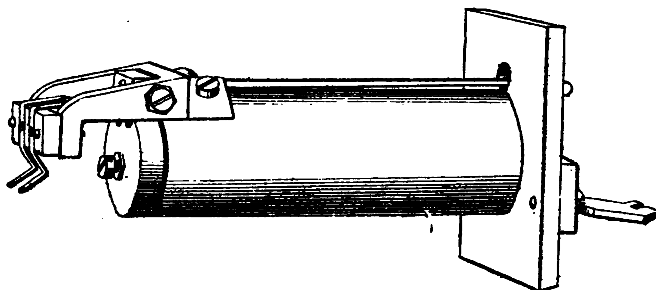


Fig. 13.

La résistance des annonciateurs individuels est en général de 100 ohms et ceux des annonciateurs de fin de conversation de 6 à 700.

Le jeu de ressorts F, Φ et K de la *fig.* 8 (*) est groupé symétriquement de part et d'autre d'un bloc d'ébonite ABCDEH (*fig.* 14) et manœuvré d'un seul coup à l'aide du levier LL′ (*fig.* 14 et 15). La *fig.* 14 montre une seule face du bloc d'ébonite et, par suite, la moitié (celle qui correspond aux lettres F, *e*, *i* de la *fig.* 8) des ressorts.

Au repos, F s'appuie sur *e* et ne touche pas *i*.

Derrière F, une sorte de volet, en laiton, articulé en *mn*, porte en saillie sur sa face intérieure, tournée vers LL′, une pastille d'ébonite *oo′* : de cette manière le levier, libre au repos, dans l'intervalle des volets, peut être poussé entre les deux pastilles et soulever les ressorts F, Φ sans communiquer ni avec eux, ni avec les volets : les ressorts quittent e et e_1 et viennent au contact avec i et i_1. Mais si LL′ reste isolé de F et de Φ, il met en communication, par les ressorts K,

(*) V. p. 410.

fixés sur son axe, les pièces *h*, *g* (*fig.* 8) dont la seconde est cachée par *g* dans la figure ci-contre.

M. Delville, ingénieur des télégraphes belges, a fait apporter récemment à ce montage une petite simplification. La communication entre *g* et *h* n'a de raison d'être que si l'on met F et Φ sur le poste de service, car on n'a besoin du générateur G qu'au moment où l'on

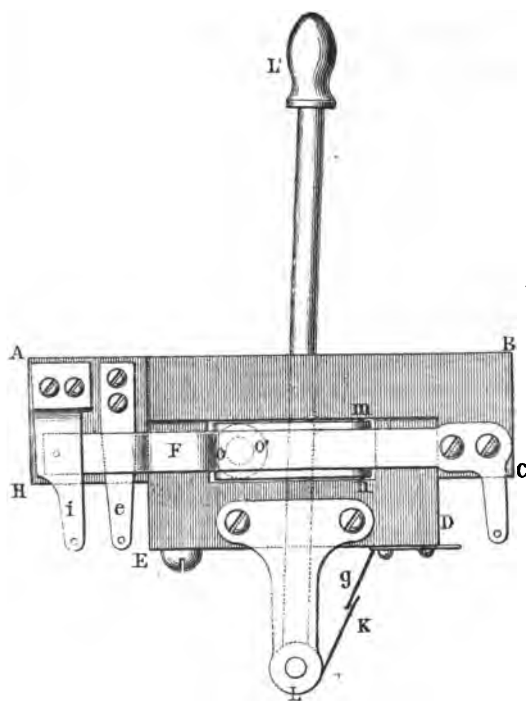


Fig. 14.

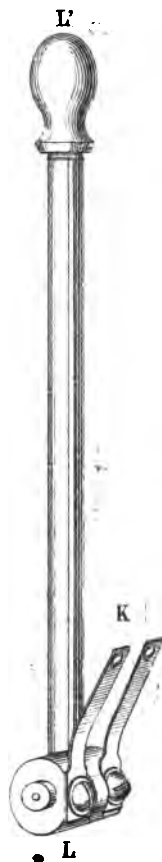


Fig. 15.

vient de parler ou bien où l'on va parler; mais, d'autre part, puisque toutes les fois qu'on porte ainsi F et Φ vers *i* et i_1 on établit *h*, K, *g* en communication,

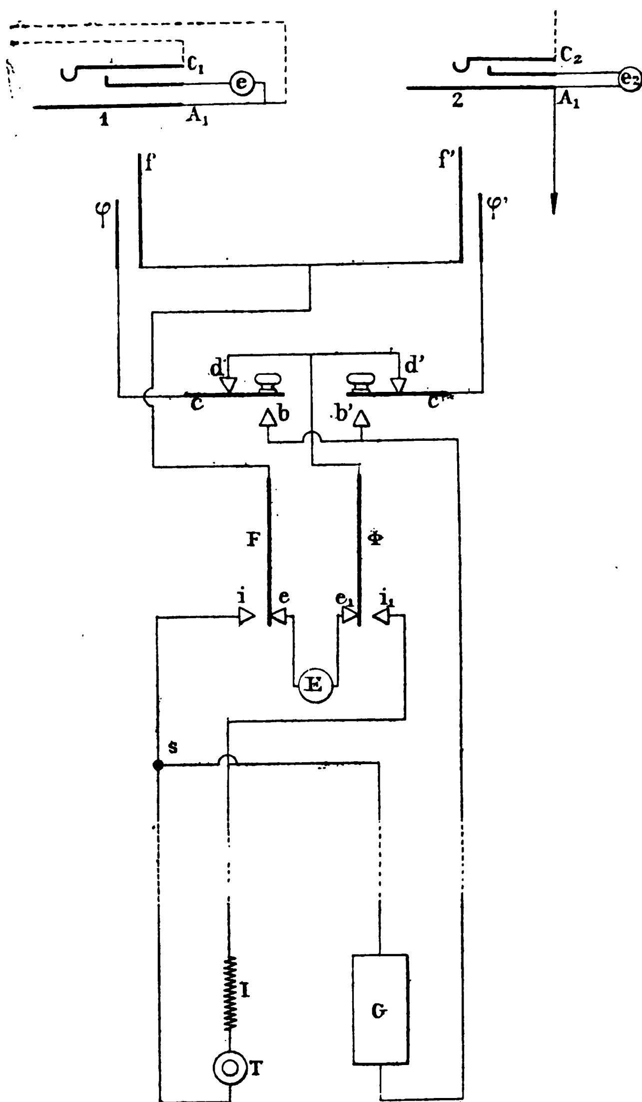


Fig. 17.

de côté, bien entendu, les impossibilités financières

ou administratives et nous ne parlons qu'au point de vue technique. Or, si la supériorité du double fil est acquise pour les lignes interurbaines, il est non moins certain que le nombre de ces lignes est appelé à s'accroître de plus en plus et que bien des réseaux urbains ne seront désirés que dans le but d'obtenir la communication avec d'autres localités : dans de pareilles conditions, l'on est presque infailliblement conduit, pour tirer du service interurbain ce qu'il doit donner, à introduire l'usage du double fil dans des réseaux construits primitivement à fil simple; c'est un fait d'expérience et, quand les abonnés savent pouvoir profiter de la faculté, il est bien rare que certains d'entre eux ne demandent pas la transformation de leur ligne à fil simple en ligne à fil double.

Enfin, plusieurs lignes interurbaines aboutissent parfois à un même poste central; si le réseau est à fil simple et si l'on a cru devoir combiner l'installation, à l'aide de bobines d'induction, par exemple, de manière que les communications soient prises avec les lignes interurbaines uniquement de la même manière qu'elles le sont pour les lignes locales à fil unique, c'est-à-dire à travers les circuits locaux des bobines translatrices en question, on se prive du bénéfice de relier deux lignes interurbaines à double fil comme elles devraient l'être, fil à fil; on intercale du même coup deux bobines entre les circuits des deux villes extrêmes et comme ces bobines n'ont généralement pas été étudiées pour être intercalées dans le même circuit, ce qui ne laisserait pas d'être délicat (*), on substitue à une

(*) Sur les bobines d'induction embrochées en série dans les circuits téléphoniques, Note sur les transmissions téléphoniques, par M. Vaschy, *Annales télégraphiques*, t. XI, 1884, p. 477.

communication qui pourrait être excellente une communication médiocre et parfois détestable.

Il est donc à tous égards préférable, quand on a la liberté du choix, d'équiper un bureau à fils doubles plutôt qu'à fils simples.

Néanmoins, les standards à fils simples existant dans les vieux réseaux ou dans ceux où l'on a cherché l'extrême économie de premier établissement, nous indiquons, par la *fig.* 18, les communications qu'on y rencontre.

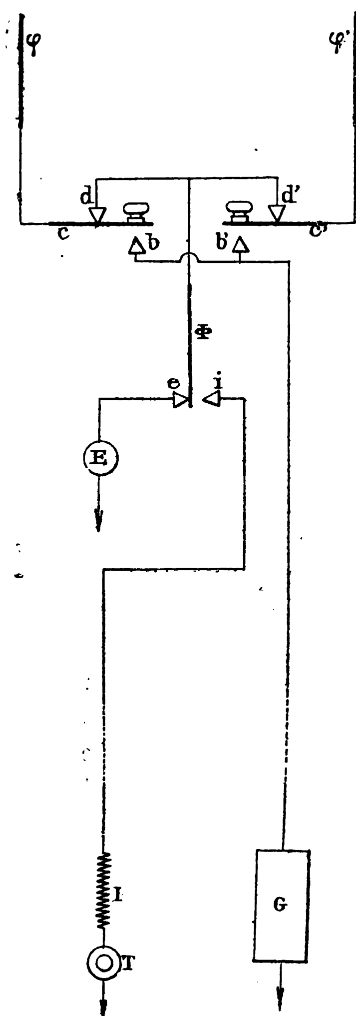


Fig. 18.

φ. φ'	fiches.
c, c'	clefs d'appel.
d, d'	butoirs de repos des clefs.
b, b'	butoirs de travail, en communication avec un générateur d'électricité G.
E	annonciateur de fin de conversation.
e	butoir en communication avec l'annonciateur E.
i	butoir en communication avec le poste de service.
I	circuit induit du microphone de service.
T	téléphone de service.
Φ	ressort en contact, au repos ou pendant la conversation, avec *e* et, pendant les opérations du bureau, avec *i*.

Ces communications sont indentiques à celles don-

nées par M. Rothen, dans le *Journal télégraphique de Berne*, en 1883, sauf que l'électro-aimant de fin de conversation est en dérivation à la terre au lieu d'être embroché dans le circuit des deux lignes d'abonnés; bien entendu, quand on employait un électro-aimant embroché, on n'avait pas choisi la forme tubulaire.

Le montage ci-dessus est souvent modifié de manière qu'il y ait deux clefs d'appel seulement pour toutes les paires de cordons d'une même planchette. Les communications deviennent alors celles de la *fig*. 19. Quand une seule fiche est enfoncée, par exemple quand on reçoit la demande, le circuit induit du poste de service se complète par la terre du poste, grâce au contact de la base de la seconde fiche et du fond métallique de son alvéole, fond métallique qui communique avec la terre. On est donc obligé de maintenir la seconde fiche en place jusqu'à ce qu'on ait fini de parler à l'appelant. Nous préférerions un montage dans le genre de celui indiqué par la *fig*. 20, où le poste de service est en dérivation sur les lignes reliées.

BUREAUX MOYENS.

Au cours de l'exposé qui précède, nous avons toujours admis implicitement que le téléphoniste recevant un appel pouvait lui-même, par le maniement d'une seule paire de fiches et sans l'intervention d'une autre personne, satisfaire à la demande qu'il recevait. Ce sont, évidemment, les conditions où le service est le plus facile et le plus rapide. Mais on conçoit que le matériel décrit ci-dessus ne permet pas de conserver la même simplicité de manœuvres quand le nombre des abonnés croît au-dessus d'une certaine limite. En fait, avec la construction actuelle des standards, on ne peut dé-

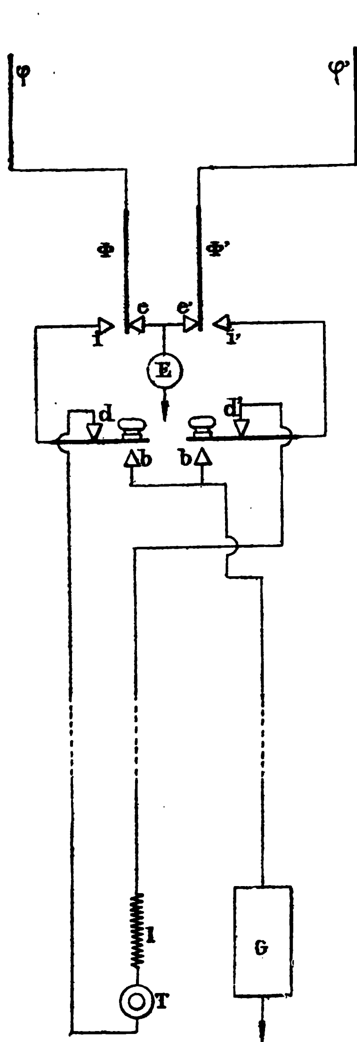


Fig. 19.

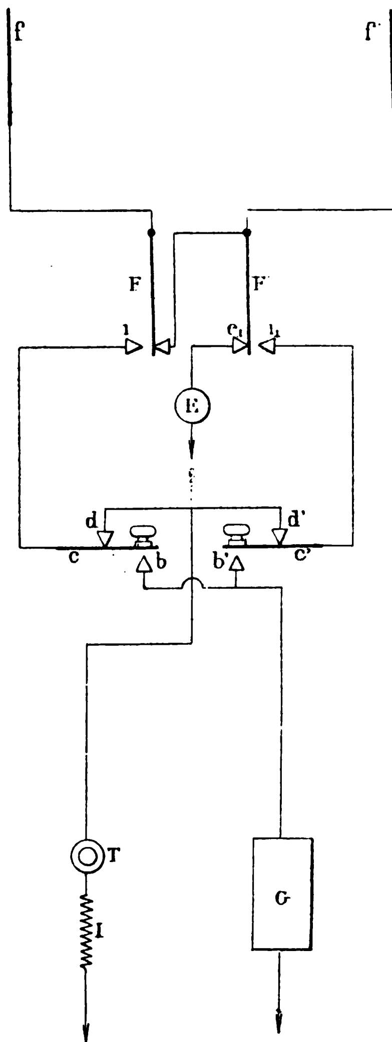


Fig. 20.

passer 200 ou, au maximum, 300 abonnés, sans employer plusieurs paires de fiches et sans faire inter-

venir un second téléphoniste (*). Au delà de 200 ou, si l'on veut, de 300 abonnés, il faut donc modifier la façon d'agir. Chaque groupe desservi par un téléphoniste est alors relié à chacun des autres groupes du bureau par un certain nombre de lignes de renvoi. Lorsque 25, par exemple, demande 480, le téléphoniste qu'il en informe avise le téléphoniste de la 5e section (abonnés numérotés de 401 à 500) d'avoir à donner 480 sur une ligne intérieure de renvoi déterminée, soit la ligne n° 3 : en même temps lui-même établit l'abonné 25 sur le renvoi n° 3.

Deux questions surgissent immédiatement. Comment les téléphonistes se préviennent-ils entre eux sans perdre de temps? Combien faut-il de renvois entre chaque couple de sections?

Le moyen le plus grossier et le premier qui se présente de permettre aux opérateurs de se prévenir les uns les autres est de munir les renvois d'annonciateurs aux extrémités : alors le téléphoniste A, qui dessert l'abonné 25, placera sa seconde fiche dans le jack du renvoi 3, appellera le téléphoniste E de la 5e section en envoyant un courant sur cette ligne 3, fera tomber l'annonciateur de la 5e section, attendra que le téléphoniste E ait placé dans le jack voulu une fiche, et lui transmettra la demande de 25 : ou encore il se retirera et laissera à 25 lui-même le soin de répéter sa demande. Dans les deux cas, le temps que l'opérateur E mettra à amener sa fiche dans le jack du renvoi 3 sera perdu, attendu qu'il lui est impossible

(*) Nous ne supposerons pas un instant qu'on oblige les opérateurs à se promener dans le bureau pour parfaire une communication entre deux abonnés appartenant à des tableaux distants les uns des autres; le vice de ces errements les a fait disparaitre, il n'y a pas à songer à y revenir.

de faire *simultanément* une autre manœuvre utile. Il lui faudra de plus signaler sa présence, ne fut-ce que par la question : « Quel numéro? » à l'abonné 25 qui attend, le téléphone à l'oreille, ou encore à son collègue A; puis il devra relever l'annonciateur du renvoi 3. De plus, le circuit des deux abonnés une fois constitué comprendra quatre annonciateurs, les deux de la ligne de renvoi et les deux des paires de cordons; ce n'est pas une disposition favorable à la bonne conversation, et l'on occupe sur les tableaux par les annonciateurs de renvoi une place qu'on pourrait mieux employer; nous savons qu'on évite cet inconvénient en laissant, comme à Paris, les renvois sans annonciateurs et ne plaçant d'annonciateur que sur une ligne spéciale d'appel; mais alors c'est toute la manœuvre consistant à établir et à détruire la communication de service sur cette ligne d'appel qui est perdue pour le téléphoniste E. La pratique montre qu'il est avantageux d'adopter un troisième expédient différent des deux ci-dessus. Dans un réseau de quelque importance où les téléphonistes sont toujours occupés, comme ceux dont il s'agit, nous avons vu que l'expérience générale conduisait à l'emploi de téléphones constamment suspendus contre l'oreille des téléphonistes : l'usage d'annonciateurs devient alors inutile pour les avis à échanger entre les téléphonistes. Il suffit que la ligne partant du téléphone de chacun s'étende à tous les groupes et que le téléphoniste de chaque section puisse y prendre communication. Pour en revenir au même exemple que tout à l'heure, l'opérateur A, ayant reçu la demande de 25, établira d'une main sa communication avec la ligne du téléphone de E, *en même temps* qu'avec l'autre main il enfoncera la

seconde fiche de conversation dans le jack du renvoi 3 ; il avertit verbalement E de relier la ligne 480 au renvoi 3 : E agit en conséquence, puis sonne 480. Si l'abonné demandé eût appartenu à la 4e section, celle du téléphoniste D, au lieu de la 5e, A se serait porté sur la ligne de D au lieu de celle de E. Des boutons poussoirs, des commutateurs à manette, etc., permettent de se porter ainsi sans peine sur telle ou telle ligne : on imagine le dispositif. Jusqu'où va le succès de cette procédure? Si l'on s'en fiait aux craintes préconçues, on croirait que, souvent occupé au moment où son collègue se met en communication avec sa ligne, le téléphoniste appelé le fait attendre assez longtemps. Il n'en est rien. Dans les conditions indiquées, le temps nécessaire pour relier deux abonnés dépendant de sections différentes excède peu celui nécessaire pour relier deux abonnés faisant partie d'une même section. C'est un résultat d'expérience.

Reste donc à déterminer combien de renvois il convient d'établir entre chaque couple de sections. Là encore l'expérience est faite et semble montrer que cinq renvois suffisent : dans deux bureaux que nous avons eu l'occasion de voir, l'un à Davenport (Iowa, États-Unis), l'autre à Williamsburgh (état de New-York), très éloignés par conséquent, sans relations de service et menés tout à fait indépendamment l'un de l'autre, on a été conduit à ce même nombre de cinq renvois (non compris, bien entendu, les fils de communications verbales entre opérateurs). Or, le nombre de communications par jour et par abonné à Davenport, par exemple, s'élevait à près de 7 (6,87), chaque téléphoniste étant chargé de 100 abonnés et les trois quarts du travail se trouvant concentrés sur 10 heures. Il

faut d'ailleurs se tenir en garde contre la tendance qu'on aurait à multiplier les renvois intérieurs plus qu'il n'est nécessaire; loin de faciliter le service, cette abondance de lignes de renvois ne sert qu'à l'entraver, parce que le téléphoniste, ayant à sa disposition trop de renvois, ne surveille pas d'aussi près les signaux de fin de conversation, omet de rompre les communications et laisse à tort occupés des cordons, des lignes de renvois et, par suite, des lignes d'abonnés qui devraient être libres.

Les nombres que nous avons cités à l'instant pour Davenport donnent une idée de l'activité que peut atteindre un réseau desservi par un personnel restreint, mais où l'emploi d'un matériel convenable permet d'économiser les manœuvres, de les abréger et d'adopter par suite les règles d'exploitation les plus favorables.

Ce que nous avons dit jusqu'ici, suffisant pour les petits réseaux, n'expliquerait pas néanmoins d'une manière complète les résultats obtenus dans les réseaux de quelque importance, et nous devons attirer l'attention sur un point que nous avons jusqu'ici négligé, à savoir la dimension des tableaux.

Si le groupe de jacks, attribué à un opérateur, n'excède pas en largeur un espace supérieur à la place de l'opérateur lui-même, celui-ci atteint facilement tous les jacks des deux groupes situés de part et d'autre du sien. Dès lors, il n'est pas besoin de lignes de renvois entre ces deux groupes et le sien. La conséquence matérielle est immédiate. Le groupe de 100, constitué avec les standards ancien modèle, occupe, à raison de deux standards de cinquante abonnés, $0^m,66$; il suit de là

qu'un bureau de 200 abonnés comporte un développement de tableaux de $1^m,32$, et, comme les cordons sont assez longs, les deux opérateurs se passent de renvois. En réalité, l'on va plus loin; le nombre de communications par jour et par abonné étant généralement peu élevé dans les réseaux de 300, on ne met dans les postes de cet ordre que deux employés qui emploient les cordons des tableaux du milieu pour relier les abonnés des sections extrêmes. En pareil cas, les standards ancien modèle sont la plupart du temps rejetés pour être remplacés par les standards de 100, nouveau modèle, qui ont seulement $0^m,45$ de large et donnent pour 300 abonnés un développement de $1^m,35$. Mais supposons que le nombre de conversations soit tel qu'on ne puisse confier à chaque téléphoniste plus de 100 abonnés, on laisse alors $0^m,66$ d'axe en axe de chaque groupe, quel que soit le modèle, ancien ou nouveau, de standard. La longueur des cordons permet toujours d'atteindre d'un groupe chaque groupe voisin; mais entre le premier groupe A et le troisième C, la nécessité des renvois apparaît, puisqu'on ne peut songer à autoriser l'usage, par les téléphonistes A et C, des cordons du groupe intermédiaire desservi par le téléphoniste B.

On construit le plus souvent les standards avec 20 ou avec 40 renvois. Il est aisé, d'après ce qui vient d'être exposé, de voir à quel développement du bureau correspond l'un des deux nombres, 20 par exemple. A raison de 5 renvois par couple de groupes, nous disposons, à chaque groupe, de renvois sur 4 autres groupes, et comme il n'en est pas besoin vers les groupes immédiatement voisins, le moins favorisé, celui de l'extrémité peut se relier directement ou par

renvois avec 5 groupes différents de lui; c'est-à-dire que les 20 renvois par groupe permettent de monter un poste de 600 abonnés. Nous admettons toujours que les lignes auxiliaires de service partant des téléphones des opérateurs sont en surcroît et aboutissent non pas sur les tableaux, mais sur les planchettes horizontales où elles communiquent à des clefs spéciales. S'il en était autrement, les 20 renvois seraient partagés en trois séries de 6, et la capacité du poste tomberait à 500 abonnés.

Voyons maintenant les conséquences qui découlent, au point de vue de l'exploitation, de la compacité du matériel. Afin de mieux faire saisir les différences qui en résultent, nous comparerons deux systèmes de montage très dissemblables, et nous chercherons la proportion de communications directes établies dans l'une et l'autre hypothèse, c'est-à-dire de communications établies par un seul téléphoniste sans intervention étrangère.

Le premier système, existant encore dans plusieurs réseaux français, comporte des groupes de 50 constitués par deux panneaux de 25, les jacks d'un groupe ne pouvant, dans leur ensemble, être reliés avec un seul cordon qu'aux jacks d'un des deux panneaux du groupe voisin; le second a pour base des groupes de 100 dont tous les jacks peuvent être reliés dans les mêmes conditions aux jacks des groupes voisins.

Il va de soi que nous supposons le réseau convenablement dirigé et par suite le travail uniformément réparti entre les divers groupes; soient donc N le nombre de ces groupes et H le total des communications demandées au bureau.

Prenons le premier cas, où chaque groupe ne peut atteindre que la moitié du groupe voisin.

De chaque groupe émanent $\frac{H}{N}$ demandes, dont la N^e partie à destination de chacun des groupes. Sur les $\frac{H}{N}$ demandes émanées d'un groupe non placé aux extrémités de la rangée de tableaux, $\frac{H}{N}\frac{1}{N}$ sont donc à destination du groupe lui-même, et $\frac{H}{N}\frac{1}{N}\frac{1}{2}$ à destination de chaque demi-groupe voisin ; ce sont les seules qui puissent être satisfaites par l'établissement direct de la communication. Pour chaque groupe semblable on a donc $\frac{H}{N}\frac{1}{N}\left(1+2\frac{1}{2}\right)=2\frac{H}{N^2}$, soit pour les $N-2$ groupes de cette catégorie $2(N-2)\frac{H}{N^2}$. L'ensemble des deux groupes extrêmes qui ne possèdent chacun qu'un seul groupe voisin donne de même $3\frac{H}{N^2}$ communications directes. Le total des communications directes s'élève donc à

$$[2(N-2)+3]\frac{H}{N^2}=(2N-1)\frac{H}{N^2}.$$

En d'autres termes, le tant pour cent est de

$$\frac{2N-1}{N^2}\cdot 100.$$

D'une manière analogue on verrait, dans le second cas, celui où chaque groupe peut atteindre tout le groupe voisin, que le tant pour cent de communications directes est de

$$\frac{3N-2}{N^2}\cdot 100.$$

On se rappellera de plus que nous avons, conformément à la réalité actuelle, admis des groupes de 50 abonnés dans le premier cas et de 100 dans le second.

Une application numérique achèvera de préciser les idées. Soit donc un poste de 500. Le premier montage exige 10 groupes et fournit 19 p. 100 de communications directes; le second exige 5 groupes et fournit 52 p. 100. La différence est sensible.

Au reste, la force des choses conduit à transformer les bureaux du premier système et à ramasser le matériel. La Société générale des téléphones, il y a trois ans, avait commencé à équiper les bureaux de Paris avec des panneaux de 49 à la place des panneaux de 25 employés autrefois. C'était là le germe d'une amélioration appréciable puisque, de ce fait seul, et simplement parce qu'on peut atteindre la totalité d'un groupe voisin au lieu de n'en atteindre que la moitié, le tant pour cent de communications directes dans un bureau de 500 passe de 19 à 28 p. 100. Malheureusement l'effet de la substitution est presque entièrement masqué à Paris par le nombre considérable de bureaux centraux duquel il résulte que la majeure partie des communications est établie entre abonnés appartenant à des bureaux différents et que le bénéfice de la transformation est ainsi perdu. L'influence en eût été plus marquée dans un réseau à poste central unique.

Si compact pourtant et si facile à manœuvrer que soit le matériel en usage, tableaux standards ou tels autres qu'on imaginera, un moment arrive où l'intervention des renvois complique tellement le service qu'il devient nécessaire de trouver quelque moyen pour simplifier l'exploitation. En fait, les plus convaincus

partisans du « standard » considèrent que l'extrême limite en deçà de laquelle il donne un bon service correspond à 1.500 abonnés, et, pour notre part, nous préférerions ne pas dépasser 1.000. Néanmoins, nous devons reconnaître que le bureau de Williamsburgh, dont nous parlions plus haut, fonctionne bien avec 1.200 abonnés, et que le bureau de Brooklyn a marché convenablement à l'aide de standards avec 1.500 abonnés; parvenu à ce développement, il a été transformé.

(*A suivre.*) G. DE LA TOUANNE.

STATIONS TÉLÉPHONIQUES AUTOMATIQUES

Suite (*)

VIII

A priori, l'installation des postes téléphoniques en embrochage présente une difficulté particulière qui résulte de l'obligation d'intercaler sur la ligne et à chaque poste un ou plusieurs relais.

Jusqu'à ces derniers temps, tous les relais utilisés comportaient une bobine de résistance notable à noyau de fer et, par suite, possédant une self-induction assez considérable. Il en résultait l'impossibilité de placer une grande quantité de postes sur le fil, car l'atténuation de la voix dans ces conditions devient rapidement suffisante pour rendre la conversation à peu près impossible.

On a tourné la difficulté de deux manières diverses. La première consiste dans l'utilisation de relais sans noyaux de fer. Le relai Ader en est un des premiers types. Il consiste essentiellement en un solénoïde oscillant entre les branches d'un fort électro-aimant fixe. Le courant passant dans le solénoïde provoque l'attraction de celui-ci par l'un ou l'autre des pôles de l'aimant fixe. La résistance d'un tel relai est faible, et sa self-induction nulle.

Un second procédé, dû à M. van Rysselberghe, permet d'utiliser sur un circuit téléphonique un nombre considérable de bobines à noyaux de fer, sans qu'il en résulte d'atténuation dans l'intensité des sons transmis. Il consiste à placer en dérivation sur ces bobines des

(*) V. *Annales télégraphiques*, 1890, p. 328.

condensateurs de capacité moyenne, un demi-microfarad environ (*).

Les ondes téléphoniques se propagent par induction électrostatique au travers des condensateurs et d'autant mieux que le coefficient d'induction propre et la résistance des bobines sont plus grands, tandis que les envois ordinaires de courants (courants d'appel, etc.), se font par les bobines sans que les condensateurs occasionnent la plus légère perturbation.

Dans ces conditions, et en supposant chaque ensemble d'électro-aimants ou de bobines utilisé dans le circuit téléphonique anti-inducté en quelque sorte par un condensateur en dérivation, il est possible d'imaginer telle combinaison de système que l'on voudra pour un dispositif en embrochage.

Cette solution, préconisée l'an dernier par M. van Rysselberghe est très générale et a rendu la tâche de beaucoup plus facile aux inventeurs. Dans ce qui suivra, et lorsque nous parlerons de dispositifs à employer pratiquement, il sera entendu que nous supposerons toutes les bobines sans fer, ou chaque ensemble de bobines accompagné d'un condensateur en dérivation, au gré du constructeur. Nous ne reviendrons plus sur ce détail.

IX

Presque tous les dispositifs proposés en premier lieu pour réaliser l'installation d'une série de postes téléphoniques en embrochage se sont réduits pour ainsi dire à la recherche d'un mode d'appel. On ne se souciait nullement de garantir le secret des communi-

(*) La combinaison d'une bobine et d'un condensateur en dérivation sur cette bobine a été étudiée par M. Vaschy dans les *Annales télégraphiques*, t. XI, 1884, p. 193. (*N. de la R.*)

cations échangées; tout au plus s'occupait-on quelquefois d'indiquer automatiquement aux intéressés les moments où la ligne était occupée.

Dans ces conditions, les systèmes proposés par les inventeurs avaient fort peu de chance d'entrer dans la pratique. Nous les passerions même sous silence si leur connaissance n'était un élément précieux pour des recherches ultérieures.

Nous allons en indiquer ici rapidement quelques-uns avant d'examiner en détail les appareils entrés dès aujourd'hui dans l'application réelle et susceptibles d'être adoptés dans l'exploitation d'un réseau ordinaire.

Une première série de solutions repose sur l'utilisation des mouvements de va-et-vient d'une armature à palette. A chaque envoi de courant sur la ligne, une roue placée en regard de la palette dans chacun des postes avance d'une dent. On a donc le moyen de faire avancer synchroniquement n roues à n dents et dans n postes, une rotation complète de ces roues s'opérant à l'aide de n émissions successives de courants.

Lorsqu'à partir de la position de repos toutes les roues ont avancé d'une première dent par exemple, le poste n° 1 est sur la ligne et tous les autres en sont exclus; pour une avance de deux dents, c'est le poste n° 2 qui communique avec la ligne, etc.

Le seul point qui différentie les systèmes réside alors dans le mode choisi pour mettre en communication l'un des postes avec la ligne, à l'exclusion des autres, pour une position déterminée de l'ensemble des roues.

Le plus souvent, ce mode est des plus simples. On en verra un exemple quand nous décrirons l'appareil de la *Stabler individual Telephone Call C°*. Un autre, très curieux, est le suivant.

Les roues, mues comme on l'a indiqué, sont creuses : elles portent une ouverture latérale (*fig.* 34) pratiquée sur leur tranche et sur toute la longueur de leur circonférence, sauf en regard de la dent pour laquelle le poste correspondant doit être en communication avec la ligne. La roue métallique R communique avec cette ligne L. Un ressort *r* placé en regard de la fente de la roue communique avec le poste. Pendant toute la rotation, une boule pesante O, placée à l'intérieur de R,

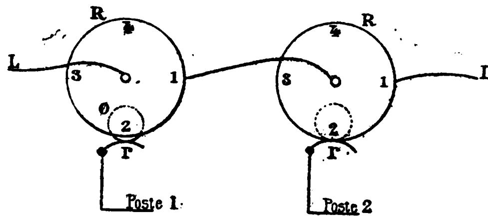


Fig. 34.

est guidée par la fente et dépasse légèrement la surface latérale de la roue ; le ressort *r* est écarté. Lorsque la fente latérale n'existe plus, la boule isolante cesse d'être en contact avec le ressort et celui-ci vient contre la roue, réunissant ainsi le poste au fil de la ligne. De plus, comme les dents de la roue sont numérotées, les abonnés sont avertis immédiatement que la ligne est occupée, en constatant que l'appareil n'est plus à la position de repos.

La *fig.* 34 représente schématiquement deux postes de ce genre, l'un des deux étant en communication et l'autre ne l'étant point.

Quelles qu'elles soient, les solutions de ce genre ont l'énorme inconvénient de conduire à l'obligation de maintenir un synchronisme parfait, le plus souvent difficilement réalisable et à des manipulations fort lentes.

D'autres inventeurs ont cherché à se soustraire à la nécessité de l'établissement d'un synchronisme.

Dans le système Stephen, un pendule est placé en chacun des postes. Ce pendule porte au-dessus de son axe de suspension un aimant circulaire NS, pouvant osciller en même temps que lui et entrant à l'intérieur de deux solénoïdes A et B demi-circulaires et placés en série sur la ligne principale (*fig.* 35).

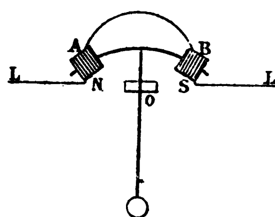


Fig. 35.

Supposons qu'au poste central un métronome commande un commutateur, de telle sorte qu'à chaque demi-oscillation de celui-ci des courants positifs et négatifs soient successivement envoyés sur la ligne principale et, par suite, dans les divers solénoïdes.

En admettant que chaque pendule de poste possède une période d'oscillation déterminée et qu'on ait réglé le métronome de manière que ses oscillations correspondent exactement à l'une de ces périodes, on sait qu'un seul pendule se mettra en mouvement pour un réglage déterminé du métronome et sous l'action des attractions et répulsions des solénoïdes qui le commandent.

En déplaçant un poids sur la tige du métronome en regard d'une graduation, on a le moyen d'appeler à volonté l'un quelconque des postes embrochés. Le mouvement d'un pendule provoque en effet l'introduction sur la ligne principale de la sonnerie et de l'installation téléphonique de l'abonné qui lui correspond.

Un autre système dû à Edison (*fig.* 36) présente une certaine analogie avec le précédent. Chaque poste

d'abonné contient deux électro-aimants A et B dont l'un B est polarisé. Sur un massif isolant E sont des

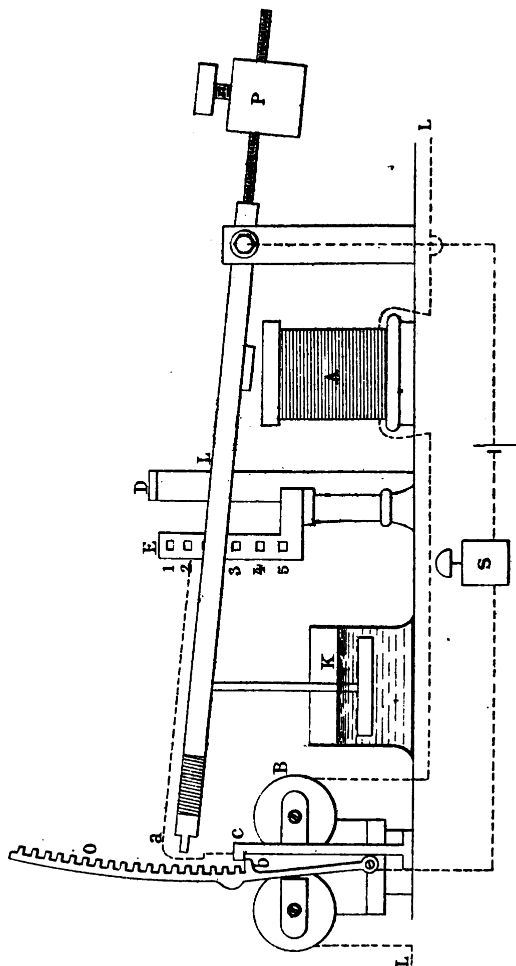


Fig. 33.

contacts 1, 2, 3, 4,... L'un de ces contacts, différent pour chacune des stations, permet de fermer un cir-

cuit local quand un ressort porté par ce bras mobile L vient frotter contre lui.

Au repos, ce levier L est amené contre la butée D par son contrepoids P.

Supposons que le poste central envoie une série de courants positifs interrompus. A chaque passage de ces courants, l'électro-aimant A attire le levier L qui prend un mouvement pendulaire très lent, grâce au poids P, qui relève le levier quand le courant ne passe point. Un piston plongeur K fait fonction d'amortisseur et régularise ce mouvement. Dans ces conditions, le levier L passe lentement devant la surface E et sur tous les contacts 1, 2, 3, 4.

Le poste central possède un appareil semblable à l'appareil des abonnés, mais dans lequel les mouvements du levier sont encore amplifiés, grâce à un renvoi sur une poulie : le poste central peut donc envoyer en toute sûreté un courant négatif sur la ligne au moment où tous les leviers L sont en regard du contact 2, par exemple, correspondant au poste 2 que l'on veut appeler.

Aussitôt les relais B polarisés fonctionnent dans tous les postes. Le bras *o* est attiré, enclenche avec le levier L en *a* et l'arrête. Au poste 2 seulement, le contact *bc* et le contact 2 L sont alors établis : la sonnerie du poste 2 fonctionne.

L'appareil Edison et l'appareil Stephen comportent encore l'un et l'autre une certaine lenteur dans la manipulation de l'envoi. D'autres inventeurs, fort nombreux, ont cherché à obtenir l'appel et l'introduction d'un poste d'abonné sur la ligne, autant que possible, par une seule émission de courant.

L'un des moyens les plus simples est dû à M. Farnham.

Cinq postes peuvent être placés dans son système sur une seule ligne et sont appelés chacun à l'aide de cinq courants différents.

Le premier des postes contient un relai polarisé fonctionnant avec un courant positif. Ce relai comme tous ceux placés dans les quatre autres postes est destiné à fermer le circuit de sonnerie ou à faire communiquer le poste téléphonique correspondant avec la ligne principale.

Le second contient un relai polarisé fonctionnant avec un courant négatif.

Le relai du troisième fonctionne seulement avec des courants alternatifs.

Ceux du quatrième et du cinquième fonctionnent avec des courants positifs ou négatifs interrompus.

Des trois premiers relais, il n'y a rien à dire, chacun étant du domaine général. Les deux derniers sont aussi très simplement construits (*fig.* 37).

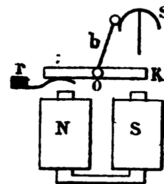


Fig. 37.

NS représente l'électro-aimant polarisé, K l'armature mobile autour de O. *b* est un battant fixé à l'armature et infléchi à droite ou à gauche suivant que le relai doit marcher avec des courants positifs ou négatifs. Un ressort *r* maintient au repos le battant, par exemple, contre une cloche de sonnerie S. On conçoit qu'un courant continu positif (dans le cas de la figure) ne fera qu'écarter le battant du timbre sans provoquer de sonnerie, et qu'un courant négatif continu confirmera, au contraire, la position de repos. Seuls, des courants positifs interrompus amèneront une sonnerie.

(*A suivre.*) E. ESTAUNIÉ.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES TRAINS

(Extrait du Rapport présenté au Congrès international des chemins de fer
par MM. E. SARTIAUX, chef du service télégraphique au chemin de fer du Nord
et L. WEISSENBRUCK, Ingénieur au ministère des chemins de fer,
postes et télégraphes de Belgique.)

(*Suite*) (*).

Comparaison avec l'éclairage au gaz.

Dans le but d'établir quelques comparaisons entre le prix de revient de l'éclairage à l'électricité et de l'éclairage au gaz, nous avions envoyé aux Administrations adhérentes un questionnaire détaillé dont un des articles était ainsi conçu :

« *Quel est le nombre des becs à gaz ou à pétrole supprimés par suite*
« *de l'éclairage électrique ?*
« *Quel est le prix du mètre ou du pied cube de gaz ; quel est le prix*
« *du pétrole ?*
« *Quelle était la dépense totale annuelle de consommation du gaz*
« *ou du pétrole avant l'emploi de l'éclairage électrique et quelle est-*
« *elle, s'il y a lieu, depuis cet emploi ?*

Parmi les réponses détaillées que nous avons reçues, citons la suivante, provenant du chemin de fer de Paris-Lyon-Méditerranée :

1° *Éclairage à arc.*

A. Marseille :

Le nombre de becs de gaz supprimés est de 184 becs.

Le prix du mètre cube de gaz est de $0^{fr},22$.

(*) Voir les *Annales télégraphiques*, 1890, p. 58.

La dépense en gaz était annuellement de 25.000 fr. environ, elle est devenue de 60.000 francs par suite de l'emploi de l'éclairage électrique.

B. Paris :

Le nombre de becs de gaz supprimés est de 441 becs.

Le prix du mètre cube de gaz est de $0^{fr},15$.

La dépense en gaz était annuellement de 30.000 fr. environ ; elle a atteint 70.500 francs par suite de l'emploi de l'électricité.

2° *Éclairage à incandescence.*

Bellegarde, Culoz, La Roche-sur-Foron.

« Ces trois gares étaient éclairées au pétrole et se trouvaient dans des conditions où il devenait nécessaire d'augmenter le nombre des becs. L'éclairage électrique par incandescence, au moyen de moteurs hydrauliques, ayant été établi dans les localités que desservent ces gares, nous en avons profité pour faire l'essai de cet éclairage et améliorer celui de nos gares.

Le prix de l'heure d'éclairage est incontestablement plus cher que celui du pétrole, mais l'emploi de la lumière électrique nous a permis de supprimer quelques lampistes à Bellegarde et à Culoz, et à gagner en lumière ce que nous dépensions en personnel. La dépense se trouve être sensiblement la même que pour le pétrole (10.000 francs). Il n'en a pas été de même pour La Roche-sur-Foron, où, à cause du petit nombre de becs, il n'y a pas eu diminution de personnel, et la dépense s'est sensiblement accrue : de 600 francs, elle est arrivée à 1.150 francs. »

Ce qui frappe à première vue dans cette réponse, c'est que l'éclairage à l'incandescence de Bellegarde et

de Culoz soit économique, tandis que l'éclairage à arc de Marseille et de Paris est dispendieux.

On ne peut, sans tenir compte de l'amélioration de l'éclairage, se borner à comparer la dépense qui existait avant l'établissement d'un éclairage électrique intensif avec celle qu'on est obligé de subir quand on l'applique.

La seule comparaison rationnelle est celle de la dépense de l'électricité avec celle d'un éclairage au gaz ÉQUIVALENT.

C'est dans cet ordre d'idées que M. Pol Lefèvre, sous-chef du mouvement de l'Ouest français, a apprécié en le décrivant le nouvel éclairage électrique de la gare Saint-Lazare (*) :

Il résulte, dit-il, d'une évaluation approximative de la dépense de gaz qui aurait dû être faite pour éclairer la même surface, que la dépense annuelle eût été d'environ 4.000 francs, amortissement non compris, pour un éclairage analogue à celui qui existe aujourd'hui avec fourniture de 1.200 carcels-heures. Or, une fois les dépenses d'installation amorties, l'éclairage électrique coûtera environ 100.000 francs par an pour une fourniture de lumière de plus de 6.000 calcels-heures; c'est donc une dépense deux fois et demie plus forte pour un éclairage cinq fois meilleur. L'avantage n'est pas douteux.

Nous trouvons aussi le passage suivant dans une description de l'éclairage électrique de la gare de Bebra (direction de Francfort-sur-Mein de l'État prussien), publiée par la *Zeitung des Vereins* (**) :

Intérêt et amortissement compris, l'électricité coûtant 17.000 marks (21.250 francs) par an et le gaz correspondant 8.000 marks (10.000 francs), il s'ensuit que la dépense totale de l'éclairage a augmenté. Mais le résultat est tout différent,

(*) *Revue générale des chemins de fer*, juin 1889.
(**) 15 septembre 1888.

attendu que les 152 becs de gaz qui ne brûlent plus maintenant n'avaient qu'un pouvoir éclairant de 1.400 bougies, tandis que les 32 foyers à arc et les 21 lampes à incandescence qui les ont remplacés ont un pouvoir éclairant total de 47.525 bougies ou de 40.000 bougies, déduction faite de la perte provenant de l'emploi des globes opalisés. *La dépense annuelle est donc deux fois plus forte, mais le pouvoir éclairant est près de trente fois plus grand.*

Nous citerons enfin les chiffres suivants relatifs aux ateliers de Paris de la Compagnie d'Orléans et qui nous ont été obligeamment communiqués par cette Administration :

	fr.
Avant l'emploi de l'éclairage électrique, la dépense était pour 15 becs de gaz et 100 chandelles	1.100
Actuellement, elle est pour 14 lampes à arc et 4 lampes à incandescence	1.300
La dépense en plus est donc de	200
Dont il faut déduire pour une meilleure utilisation du personnel	4.966
Il reste une économie annuelle de	4.766

En résumé, dans ce genre de comparaison, une part importante est laissée à l'appréciation personnelle et, par suite, à la discussion.

Nous pensons qu'il est possible d'établir une comparaison très simple basée sur le prix du kilowatt-heure aux lampes et du mètre cube de gaz aux becs.

Pour l'incandescence, c'est une hypothèse très favorable au gaz que de prendre pour terme de comparaison l'équivalence, d'une part, de la lampe électrique de 16 bougies consommant 50 watts (un peu plus de 3 watts par bougie), et, d'autre part, du bec de gaz de 1,70 carcel consommant 150 litres. En effet, on remplacerait difficilement une lampe électrique de 8 bougies, consommant 25 watts, par un bec de gaz de 75 litres. Cette base d'équivalence est, d'ailleurs, celle

admise par M. Ad. Bouvier dans sa communication au quinzième congrès de la Société technique du gaz au mois de juin 1888. Dans ces conditions, 50 watts = 150 litres, d'où 1 mètre cube de gaz = 300 watts.

Pour les foyers à arc, on ne peut prendre une base uniforme d'équivalence. Il faut établir des catégories suivant l'intensité des foyers.

On peut admettre qu'un bec Wenham à flamme renversée dépensant 40 litres par carcel, soit 720 litres, et ayant 18 carcels d'intensité moyenne sphérique (expériences de M. Coindet), soit équivalent à une lampe électrique de même intensité moyenne dépensant 8,7 watts par carcel, soit 157 watts. Un mètre cube de gaz vaut alors 218 watts.

Quant aux becs de 4.500 litres de l'Exposition, il est peu probable que leur intensité moyenne soit de plus de 30 litres par carcel, soit de 150 carcels. Un foyer électrique à courants continus de cette intensité moyenne produira sur le sol un éclairement bien plus fort et ne consommera que 750 watts (5 watts par carcel). Un mètre cube de gaz vaut alors 166 watts.

Enfin, si l'on cherche la base d'équivalence des foyers électriques de 110 carcels (550 watts) et des becs à gaz de 12 carcels d'intensité horizontale consommant 900 litres (becs à carburateur Dery), on pourra soutenir qu'il faut au moins 110 : 12 = 9,2 becs de gaz par foyer électrique. En effet, les foyers électriques envoient à 15° sous l'horizontale un rayon qui a encore 165 carcels d'intensité, et à 40° un rayon de 328 carcels. Chacun d'eux produira donc très probablement un meilleur éclairage que 12 petits foyers ayant une intensité totale de 110 carcels.

Nous admettrons cependant, pour rester très favo-

rable au gaz, la base de 109 becs pour 13 foyers à arc (8,4 becs par foyer), que l'on trouve lorsqu'on se base uniquement sur l'égalité d'un éclairement minimum de 1/50 de carcel-mètre. On déduit de cette base qu'un mètre cube vaut 73 watts.

D'après ce qui précède, il sera très facile de se rendre compte, dans chaque cas particulier, de l'économie réalisée par l'un ou l'autre système d'éclairage.

Il suffira de comparer le prix du mètre cube de gaz à celui du nombre de watts équivalents d'après le genre de foyers électriques à adopter.

De même que le prix du mètre cube de gaz, celui du watt ou du kilowatt (1.000 watts) varie suivant les conditions spéciales d'établissement de l'usine à lumière; mais pour l'électricité, le facteur principal c'est le nombre d'heures d'éclairage.

Cherchons à déterminer la loi qui lie le nombre d'heures d'éclairage au prix du kilowatt.

L'expérience de la compagnie du Nord nous donne le tableau suivant :

DÉSIGNATION de L'USINE ÉLECTRIQUE	NOMBRE D'HEURES d'éclairage par an et par foyer	NOMBRE DE LAMPES de 25 ampères et 45 volts	PRIX de 1.000 watts en centimes (*)	PRIX de 300 watts en centimes (**)	
Calais (***)	590	8	104,2	31,3	(*) L'intérêt et l'amortissement sont compris pour 9,40 p. 100 par an.
La Chapelle (gare intérieure)	1.010	8	163,0	48,9	(**) Équivalent d'un mètre cube de gaz dans le cas de l'incandescence.
Lens	3.333	7	53,0	15,9	(***) Moteur Brotherhood.
La Chapelle (gare de triage)	3 582	8	50,6	16,1	
Saint-Martin	3.729	6	47,6	14,2	
Coudekerque	3.741	4	69,5	20,8	
Longueau	3.924	5	54.8	16,4	
Hirson	4.288	6	48,5	14,6	

Voici un exemple des calculs; c'est celui de l'usine de la Chapelle-Triage :

Nombre de lampes : 8 de 25 ampères et de 45 volts.	Durée moyenne de l'éclairage par jour	78h,33
	Durée moyenne de l'éclairage par jour et par lampe	9 ,49

Dépenses de l'exploitation.	Matières.	Houille.	3.669f,23	10.160f,35
		Fagots	65 ,23	
		Chiffons	46 ,18	
		Graisse et huile.	319 ,23	
		Charbons des lampes électriques.	2.295 ,91	
	Main-d'œuvre.— Chauffeurs et préposés		3,410 ,00	
	Dépenses diverses		354 ,57	
Total des frais d'exploitation				10.160f,35
Renouvellement (à raison de 5 p. 100 du capital engagé)				3.295f,00
Intérêt et amortissement (à 4f,40 p. 100 l'an)				2.899 ,60
				16.354f,95

Nombre d'heures de lampes	28.747h
— d'ampères-heures	718.675
— de chevaux-heures	98.177
— de kilowatts	32.340

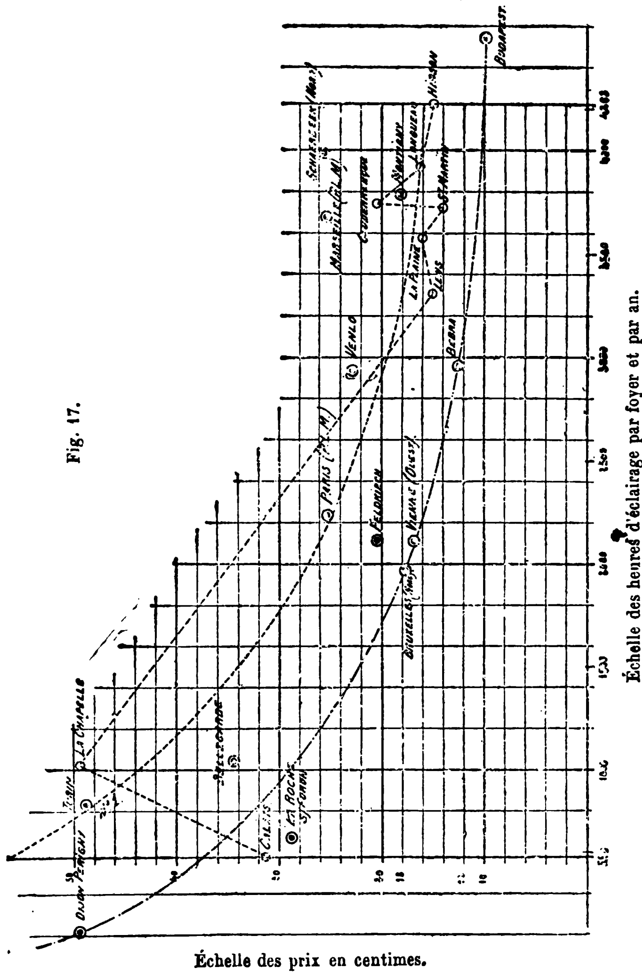
Prix de revient.

Frais d'exploitation seulement :	Par lampe-heure de 25 ampères	0f,354
	— ampère-heure	0 ,0141
	— cheval-heure	0 ,115
	— kilowatt	0 ,314
Frais d'exploitation, plus 9f,40 p. 100 de renouvellement, d'intérêt et d'amortissement :	Par lampe-heure de 25 ampères	0f,569
	— ampère-heure	0 ,0229
	— cheval-heure	0 ,185
	— kilowatt	0 ,506

Si nous construisons d'abord la courbe de 300 watts (correspondant à un mètre cube de gaz dans le cas de l'incandescence) d'après les prix de la compagnie du Nord français, en portant sur l'axe des abscisses le nombre d'heures d'éclairage par an et sur l'axe des ordonnées les valeurs en centimes, nous obtenons la ligne brisée indiquée sur la *fig.* 17.

Si l'on compare cette ligne brisée avec les graphiques analogues insérés dans le rapport sur l'éclairage des gares à la session de Milan, on est conduit à lui substi-

tuer la courbe moyenne qui est figurée en traits pointillés.



Échelle des prix en centimes.

Enfin, si l'on ajoute sur la même figure les prix de revient du kilowatt dans des installations récentes, calculés soit d'après les réponses qu'ont bien voulu

faire quelques Administrations adhérentes à un questionnaire que nous leur avons transmis, soit d'après des informations particulières, on voit que ceux relatifs à Venlo, Montigny, Paris (Paris-Lyon-Méditerranée), Cannon street et Turin, confirment le tracé de la courbe pointillée (-----), tandis que ceux de Budapest, Bebra, Vienne, Bruxelles-Nord, Bellegarde, La Roche-sur-Foron et Dijon-Perigny semblent indiquer que la courbe pourrait être rapprochée davantage de l'axe des abscisses (voir la courbe figurée par un trait —·—·—). Seules les ordonnées relatives à Schaerbeek-Nord et à Marseille s'élèvent notablement au-dessus de la courbe pointillée. Mais ces dernières installations sont déjà relativement anciennes et l'ensemble des prix de revient des autres gares montre que relativement au nombre d'heures d'éclairage, le coût du watt-heure devrait pouvoir y être abaissé.

De la courbe de 300 watts, il est facile de déduire, par une réduction proportionnelle des ordonnées, la courbe de 218 watts (becs Venham comparés à des régulateurs de même intensité), celle de 166 watts (becs de 4.500 litres) et celle de 73 watts (becs à carburateurs de 900 litres comparés à des foyers électriques de 12 à 13 ampères sous 45 volts environ); nous les avons tracées sur la *fig.* 18, où elles portent respectivement les n°s 2, 3 et 4.

Comme nous supposons que le prix du mètre cube de gaz reste le même, quel que soit le nombre d'heures d'éclairage, les courbes des prix du mètre cube de gaz sont figurées par des horizontales.

Il suffit donc, pour comparer dans chaque cas l'électricité au gaz, de voir quelle est l'horizontale qui passe par chaque point de la courbe considérée.

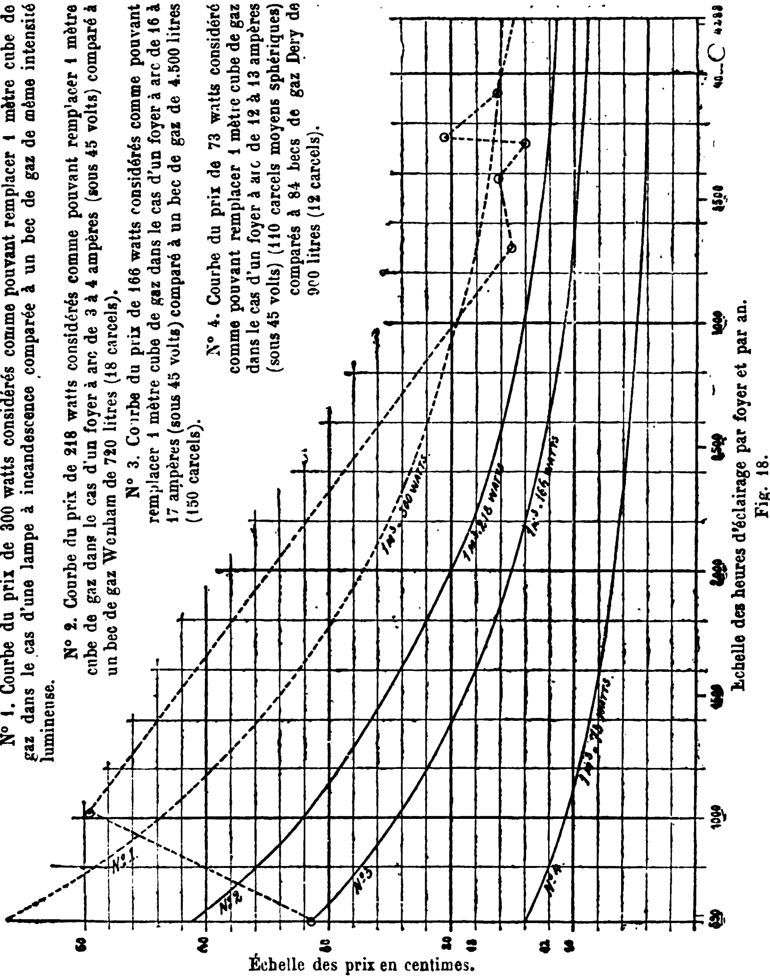


Fig. 18.

On voit ainsi que l'incandescence ne descend au-dessous du gaz à 18 centimes qu'à partir de 3.250 heures. Mais, en revanche, on aperçoit clairement que dans les grandes gares il faudrait déjà, à partir de 2.000 heures, que le gaz fût à 7 centimes

pour qu'il pût lutter avec l'électricité. Pour 3.000 heures, il faudrait qu'il fût à 5 centimes.

Ces conclusions sont entièrement confirmées par la pratique. Elles montrent pourquoi, pour l'éclairage des gares, l'électricité se développe, surtout sur le continent, où le gaz est rarement à moins de 11 centimes; tandis que les Compagnies anglaises, d'après les notes qu'elles ont bien voulu nous remettre, ne sont pas favorables à son introduction, le prix du gaz s'abaissant pour elles jusqu'à 7 centimes (1 s. 10 d. les 100 pieds cubes), prix minimum accusé par le North-Eastern. Elles préfèrent souvent alors se contenter d'un éclairage un peu moins intense et réaliser une économie qui ne serait pas possible sur le continent.

CONCLUSIONS ADOPTÉES PAR LE CONGRÈS EN SÉANCE PLÉNIÈRE.

Littera A, 1re *partie : Éclairage des trains.* — Le Congrès, constatant les progrès sérieux et considérables réalisés depuis peu d'années dans l'éclairage électrique des trains, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique, pense qu'il est désirable que les Administrations de chemins de fer continuent les essais entrepris.

Littera A, 2e *partie : Éclairage des gares.* — Le Congrès avait constaté à Milan que l'éclairage électrique pouvait, dans un certain nombre de cas, donner des résultats économiques, mais que, les installations étant trop récentes pour qu'on pût apprécier le prix de revient, il était utile de réserver la question à l'examen d'une prochaine session.

Bien que le temps écoulé depuis lors soit encore bien court, l'éclairage électrique a fait de si rapides

progrès et s'est tellement développé que l'expérience, loin d'infirmer les prévisions favorables que permettait l'état de la question à ce moment, en a, au contraire, prouvé toute l'exactitude.

Le prix de l'installation, dont les charges d'intérêt et d'amortissement pèsent très lourdement sur le prix de revient, s'est notablement abaissé avec la diminution du prix d'acquisition des lampes à arcs et des machines dynamos, dont le rendement a constamment augmenté.

Quand aux dépenses d'exploitation proprement dites, elles ont elle-mêmes subi d'importantes réductions, d'un côté, par l'abaissement du prix des crayons des lampes à arc et de celui des lampes à incandescence, coïncidant pour celles-ci avec l'augmentation de leur durée, et, d'autre côté, par une meilleure utilisation du personnel résultant d'une plus grande expérience et de meilleures dispositions dans l'installation.

Aux économies qui viennent d'être indiquées, il y a lieu d'ajouter celles qui résultent de la diminution des frais d'achat et d'entretien des accumulateurs, devenus plus robustes et plus durables, et aussi de l'expérience que l'on a acquise depuis plusieurs années dans la construction des machines électriques, dont la simplicité et la solidité ont notablement réduit les frais d'entretien.

Il peut se présenter des cas où l'écart entre le prix de l'éclairage par l'électricité et celui de l'éclairage par d'autres systèmes soit encore trop grand pour que les avantages que procure le premier ne suffisent pas à en justifier l'emploi, si, par exemple, la durée d'allumage des lampes est très faible ou si le prix des autres éclairages est exceptionnellement réduit.

PROCÉDÉ PATTERSON

POUR LA FABRICATION DES CABLES (*)

L'extension prise par l'emploi des câbles souterrains en télégraphie et en téléphonie a provoqué de nombreuses tentatives en vue de diminuer les effets de la capacité statique et d'en retarder l'influence; des perfectionnements, en apparence insignifiants, réalisés dans ce sens contribuent à rendre la transmission téléphonique beaucoup plus distincte.

M. W. R. Patterson, de Chicago, décrit, dans un récent brevet, un procédé de fabrication des câbles qui contient quelques dispositions nouvelles.

La méthode consiste à introduire, après l'avoir bien débarrassée de toute humidité, l'âme de conducteurs isolés dans un tube dont on remplit les deux extrémités à l'aide d'une matière isolante qu'on y refoule. L'âme est dite alors non saturée par opposition avec celle qui aurait été plongée dans une substance isolante fondue, telle que la paraffine chaude.

M. Patterson emploie une chambre de charge contenant la matière isolante et un générateur à acide carbonique. L'appareil est construit de manière à permettre de refouler le gaz dans le câble à une pression donnée, puis sous une pression plus élevée d'y chasser l'isolant dans les deux extrémités. Le gaz emprisonné dans le tube sera comprimé plus ou moins, suivant

(*) Extrait de *The Electrical Engineers*, 21 mai 1890.

que l'on fera pénétrer l'isolant plus ou moins dans le tube.

Le dessin (*fig.* 1) montre les dispositions adoptées

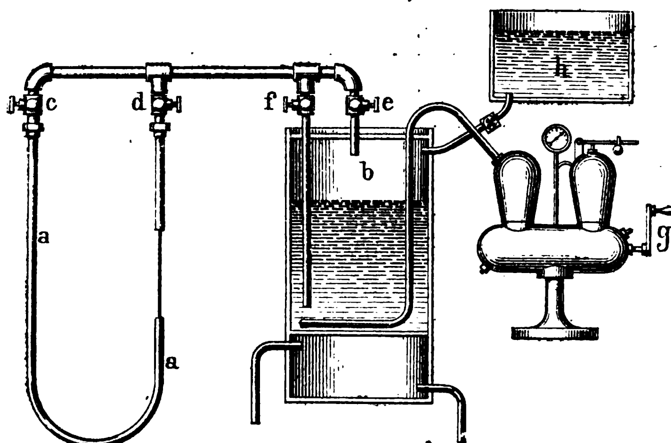


Fig. 1.

fait dans la pratique. Le tube *a* est relié à chaque extrémité avec le réservoir *b* contenant la paraffine fondue et le gaz sous pression. Les robinets *c d* sont ouverts au moment où le tube doit être rempli; on ouvre d'abord le robinet à gaz *e* et on ferme le robinet à paraffine *f*. Le générateur *g* produit alors le gaz à la pression voulue, généralement 70 à 80 livres par pouce carré. Le robinet à gaz *e* restant ouvert, le tube se trouve rempli de gaz et d'air à la pression qu'on juge convenable. On ferme ensuite le robinet à gaz *e* et l'on ouvre le robinet à paraffine *f*, tout en augmentant la pression jusqu'à 90 ou 100 livres par pouce carré.

Dans la pratique, chaque extrémité du tube est remplie jusqu'à une distance de vingt-cinq pieds en-

viron, quelle que soit la longueur du câble. Lorsqu'on a fait passer une quantité suffisante de paraffine dans le tube, on ferme les robinets *c* et *d* et on laisse refroidir la paraffine. Le réservoir *h* sert à alimenter la cuve de paraffine.

La paraffine ainsi introduite dans le tube a pour effet d'emprisonner le gaz et, en même temps, d'empêcher l'humidité de pénétrer dans le câble.

CHRONIQUE.

Sur la résistance électrique du fer et de ses alliages, aux températures élevées.

Par M. H. Le Chatelier.

Le fer doux éprouve, aux températures élevées, deux transformations moléculaires réversibles, caractérisées par des absorptions de chaleur latente plus ou moins considérables. Ces transformations ont été découvertes par M. Osmond (*), qui a indiqué en même temps le rôle important qu'elles jouent dans la métallurgie du fer. La première, peu marquée, se produirait à 730 degrés, c'est-à-dire à une température voisine de celle de la *récalescence* de l'acier (700 degrés); la seconde, accompagnée d'une absorption de chaleur plus considérable, se produirait à 855 degrés.

Dans les aciers carburés, M. Osmond a observé que la transformation de 855 degrés s'atténue comme importance et s'abaisse comme température à mesure que la teneur en carbone va en croissant, jusqu'à ce que, pour les aciers durs, cette transformation vienne à se confondre avec la récalescence. Le procédé d'expérimentation employé laisse, il est vrai, comme M. Osmond l'a indiqué lui-même, subsister une certaine incertitude à ce sujet. L'abaissement et l'atténuation de la transformation pourraient n'être qu'apparents, et résulter seulement d'une espèce de trempe partielle et passagère amenée par la rapidité même du refroidissement.

Cette question est intéressante à élucider, en raison de la connexion qu'elle présente avec la trempe proprement dite de l'acier. La trempe à l'eau, d'après M. Osmond, a pour effet de maintenir à la température ordinaire la variété du fer et celle du carbure de fer normalement stables au-dessus de

(*) *Comptes rendus*, t. CIII, p. 743 et 1135.

860 degrés et de 700 degrés. La trempe au plomb maintiendrait seulement la variété du fer dans son état instable, sans s'opposer à la transformation normale du carbure de fer pendant le refroidissement.

Pour trancher cette difficulté, il faut s'adresser à des propriétés du fer variant avec la température, mais dont la mesure puisse s'effectuer à température stationnaire, après avoir attendu un temps suffisant pour permettre au métal d'atteindre son état d'équilibre stable. Des mesures de dilatation effectuées dans ce but n'ont conduit à aucun résultat bien net; les changements brusques de longueurs qu'il s'agissait d'observer étaient d'un ordre de grandeur analogue à celui des erreurs d'expériences. J'ai entrepris alors l'étude des résistances électriques. Ce sont les résultats de ces expériences qui sont consignés dans les tableaux suivants, auxquels ont été adjoints quelques chiffres relatifs au nickel et au platine. Les résistances sont exprimées en ohms et rapportées à des fils de 1 mètre de longueur et 1 millimètre de diamètre. Toutes les expériences, sauf celles du platine, ont été faites dans l'hydrogène pur et sec.

Fer doux soudé très pur : C = 0,05 *p.* 100.
Scories interposées environ 1 *p.* 100.

t.	15°	290	460	750	800	860	910	1000
r.	0,14	0,38	0,59	1,10	1,21	1,31	1,34	1,40

Acier fondu sur sole demi-dure : C = 0,06 *p.* 100.
Mn = 0,4 *p.* 100.

t.	15°	300	420	600	700	820	960	1100
r.	0,16	0,43	0,55	0,80	0,97	1,28	1,32	1,34

Acier dur.

t.	15°	280	410	680	730	830	870	940	1050
r.	0,24	0,46	0,60	1,06	1,13	1,39	1,43	1,46	1,48

Les courbes relatives au fer et aux aciers proprement dits mettent très nettement en évidence, par les points anguleux qu'elles présentent, les deux transformations moléculaires et montrent de plus que les températures de ces transformations sont sensiblement indépendantes de la proportion de matières étrangères alliées au fer.

L'acier manganèse à 13 p. 100 de Mn, qui n'est pas un acier, mais un véritable alliage de fer et de manganèse, a présenté

un point anguleux un peu incertain vers 700 degrés. Je me propose de revenir ultérieurement sur cette détermination, en étudiant l'action de la trempe qui produit sur ce métal des effets si curieux.

Le nickel a présenté vers 340 degrés un point anguleux très net.

Le platine et le platine rhodié, qui servent dans la construction de mes couples thermo-électriques, ont présenté une résistance croissant proportionnellement à la température.

Le ferronickel à 25 p. 100 de Ni a donné lieu à des phénomènes très intéressants. Chauffé dans l'hydrogène pur et *sec*, il n'a subi aucune altération, et sa courbe de résistance est restée parfaitement régulière, sans présenter aucun point anguleux. Chauffé au contraire dans l'hydrogène humide, il a éprouvé une modification profonde. Sa couleur est passée du gris jaunâtre au gris d'acier; ses propriétés mécaniques ont varié de la façon suivante, d'après des expériences faites par mon frère, M. A. Le Chatelier. Sa ténacité s'est élevée de 65 à 85 kilogrammes; l'allongement de rupture est tombé de 65 p. 100 à presque rien; enfin l'effort limite élastique a plus que doublé. En même temps, la résistance électrique diminue d'un tiers. La courbe de résistance du nouveau métal donne a l'échauffement un point anguleux à 550 degrés et au delà se superpose à la courbe du ferronickel normal. Par refroidissement les deux courbes restent superposées jusque vers 100 degrés; mais, à partir de cette température, la résistance diminue progressivement pour rejoindre la courbe du métal modifié. Il y a donc pendant le refroidissement un retard à la transformation, analogue à celui que la trempe produit sur les aciers; mais il m'a été impossible, même par un refroidissement très lent, d'éviter ce retard. Cette altération du ferronickel par l'hydrogène humide paraît due à l'oxydation d'un élément qui entre en petite quantité dans la constitution de cet alliage : le silicium.

Depuis que ce travail est terminé, j'ai eu connaissance d'une étude analogue de M. Hopkinson, publiée dans les *Philosophical Transactions of the royal Society pour* 1889, volume qui n'est pas encore distribué. Les expériences de ce savant se rapportent au fer doux, à l'acier semi-dur et à l'acier manganèse.

Il trouve à 855 et 815 degrés les points de transformation du fer que j'ai trouvés à 850 et 820 degrés. Mais il n'a observé le point de transformation de 710 degrés ni dans l'acier dur ni dans l'acier manganèse.

(*Comptes rendus*, 10 février 1890.)

Influence des orages sur une ligne de transmission de force électrique.

(Société de Physique, séance du 20 juin 1890.)

M. Hillairet expose quelques observations relatives à l'influence des orages sur une ligne de 5 kilomètres de longueur qu'il a installée à Domène (Isère), pour une transmission de force électrique.

Cette ligne se trouve dans une vallée où se manifestent fréquemment des orages de grande intensité. On a dû prendre alors des précautions spéciales pour éviter les détériorations qu'un foudroiement de la ligne pourrait faire subir aux machines. Pour cela, ces machines ont été isolées du sol par un bâti présentant une résistance d'au moins 100.000 ohms. De plus, chaque extrémité de la ligne a été munie de paratonnerres analogues à ceux des lignes télégraphiques, mais dont les peignes ont une longueur de $0^{m},50$.

Les deux fils de transmission de la ligne sont soutenus sur 130 poteaux, par des isolateurs placés symétriquement de chaque côté, au sommet de ces poteaux. Une ligne téléphonique se trouve installée sur des isolateurs placés à une certaine distance *au-dessous* des premiers.

Le 23 mai dernier, la ligne a reçu un coup de foudre intense. Sur 130 poteaux, 19 ont été fendus et tous ces poteaux foudroyés se trouvent à la suite les uns des autres. Cette particularité semble devoir être attribuée à ce que, dans la région où ces 19 poteaux sont plantés, se trouve, à une faible profondeur, une couche d'argile qui permet à une nappe d'eau de séjourner dans le voisinage du sol.

Le point où chacun de ces poteaux a été frappé, au lieu de se trouver vers le sommet, comme on pouvait s'y attendre, se trouve au niveau de l'un des isolateurs inférieurs de la ligne

téléphonique. De plus, le point de départ de la traînée produite par la décharge se trouve orienté sur tous les poteaux dans une même direction, qui est celle d'où venait la pluie. Un seul isolateur a été trouvé brisé.

On a observé, à chaque éclair, une gerbe d'étincelle aux balais des machines qui n'ont, d'ailleurs, en rien souffert de ce coup de foudre. Les dents des paratonnerres ont manifesté des décharges bruyantes : cependant un examen attentif a permis de reconnaître que leurs pointes sont restées parfaitement aiguës et n'ont subi aucune altération.

M. Hillairet conclut de là qu'il doit être possible de protéger efficacement des lignes de transmission par des précautions assez élémentaires. Il a d'ailleurs observé, dans le même ordre d'idées, un certain nombre de faits qu'il se propose d'exposer quand ils auront été coordonnés et complétés par de nouvelles observations.

Sur les actions mécaniques des courants alternatifs.

Par M. J. Borgmann.

Dans ma note présentée à l'Académie le 3 février 1890 (*Comptes rendus*, t. CX, p. 233) (*), j'ai eu l'honneur de décrire la méthode à l'aide de laquelle on peut facilement reproduire les répulsions des masses conductrices par une bobine traversée par un courant alternatif ou simplement intermittent, découverte par M. Elihu Thomson. Pour déterminer l'influence de diverses conditions sur l'allure de ce phénomène, j'ai entrepris une série d'expériences à l'aide d'appareils convenablement modifiés.

Le commutateur, calé sur l'axe du petit moteur de Bréguet (mû par trois accumulateurs, petit modèle), a été accouplé (à l'aide d'un tube en caoutchouc), à l'axe d'un compteur de tours d'un anémomètre de Combes. Pour faire varier le nombre de tours du moteur, une cordelette formant frein entourait la gorge de la poulie calée sur le même axe que le commutateur,

(*) V. *Annales télégraphiques*, 1890, p. 381.

et pouvait être tendue plus ou moins par un ressort à boudin.

Pour mesurer l'intensité des courants alternatifs employés, à l'aide d'un électrodynamomètre sensible de Siemens (qui était le seul à ma disposition), j'ai interposé dans le circuit de ma bobine une autre bobine plus petite, sans noyau de fer, et j'ai mesuré les courants qu'elle induisait dans une deuxième bobine, qui entourait la première et était reliée avec l'électrodynamomètre. De la sorte, les déflexions de l'électrodynamomètre ont été proportionnelles à $\int i^2 dt$, si l'on nomme i l'intensité du courant de la bobine à un moment déterminé. (Le courant alternatif a été fourni par des accumulateurs petit modèle, en nombre ne dépassant pas 7.) Pour faciliter la mesure des répulsions, on a muni d'un ressort le plateau de la balance, qui contenait les poids équilibrant le disque; on se servait d'un ressort à boudin, très fin, que l'on pouvait tendre à l'aide d'un fil et d'un treuil à tête divisée, à la manière de l'appareil de M. Jamin pour la mesure de la distribution du magnétisme. Un centigramme équivalait à 12,4 divisions du treuil.

En expérimentant avec des disques pleins j'ai obtenu les résultats suivants :

1. Les répulsions d'un disque, placé horizontalement au-dessus d'une bobine, sont proportionnelles aux déflexions de l'électrodynamomètre, c'est-à-dire proportionnelles à $\int i^2 dt$.

2. Ces répulsions diminuent si la distance du disque à la bobine augmente (à peu près comme la racine carrée de la distance).

3. A diamètre égal, les répulsions augmentent avec l'épaisseur du disque.

Par exemple, pour un disque en zinc de 75,9 millimètres de diamètre et de 2,75 millimètres d'épaisseur, le quotient de la répulsion en centigrammes et de la déflexion de l'électrodynamomètre en divisions de l'échelle a été 0,899 : ce nombre est devenu 1,861 pour un disque de mêmes matière et diamètre, mais de 4,25 millimètres d'épaisseur. Pour deux autres disques en zinc, de 53,8 millimètres de diamètre et de 2,75 millimètres et 6,25 millimètres d'épaisseur, ces nombres ont été trouvés : 0,237 et 0,857.

4. L'épaisseur restant la même, les répulsions diminuent avec le diamètre.

Par exemple, pour les disques de 2,75 millimètres d'épaisseur et de 75,7 millimètres et de 53,8 millimètres de diamètre les répulsions réduites à l'unité de déflexion de l'électrodynamomètre sont : 0,899 et 0,237.

5. Les répulsions diminuent quand la résistance spécifique de la matière du disque augmente, mais dans une proportion moindre (à cause de la self-induction). Ainsi, pour des disques de 75,9 millimètres de diamètre et 2,75 millimètres d'épaisseur, en cuivre, en zinc, laiton et plomb, les répulsions correspondant à une division de l'échelle de l'électrodynamomètre ont été :

1,119, 0,964, 0,821, 0,133,

tandis que les résistances spécifiques de ces métaux sont

0,0185, 0,06, 0,75, 0,33.

6. Les répulsions augmentent quand le nombre de changements de direction du courant dans l'unité de temps diminue.

Quelques séries de mes expériences, dans lesquelles le nombre de changements de direction pendant une minute (n) variait entre 2.500 et 13.000, ont donné une proportionnalité inverse, presque rigoureuse, de ces deux nombres. (Dans ces expériences, le disque était en cuivre et avait le diamètre de 53,9 millimètres et l'épaisseur de 8 millimètres.) *En résumé, la répulsion du disque est très approximativement proportionnelle à* $\frac{1}{n}\int i^2 dt$.

7. Un disque en fer était attiré par la bobine à courants alternatifs.

8. Dans toutes ces expériences, la bobine était composée d'un simple rouleau de fils de cuivre isolés, de 2,5 millimètres de diamètre. La hauteur de la bobine était 120 millimètres, son diamètre extérieur 120 millimètres et le diamètre intérieur 43 millimètres; elle a été employée sans noyau de fer. Avec un noyau de fer, la répulsion augmentait beaucoup.

Par exemple, pour $n = 10.500$, les répulsions réduites d'un disque en cuivre de 53,9 millimètres de diamètre et de 8 mil-

limètres d'épaisseur ont été : 4,84 sans noyau et 63,8 en présence du noyau.

L'influence du nombre d'alternations du courant reste la même que pour la bobine sans noyau.

(*Comptes rendus*, séance du 21 avril 1890).

Sur les condensateurs en mica.

Par M. Bouty.

J'ai réalisé quelques expériences en vue de savoir comment se comporte un condensateur en mica (microfarad), lorsqu'on met ses deux armatures en communication permanente avec les deux pôles d'une pile.

On explique souvent les décharges résiduelles des condensateurs par une pénétration plus ou moins profonde, dans la masse du diélectrique, des électricités opposées des deux armatures. S'il en était ainsi, et dans le cas de condensateurs à lame diélectrique très mince, les électricités cheminant dans la masse finiraient par se réunir, et, au bout d'un temps suffisant, un courant d'intensité uniforme i traverserait le circuit du condensateur. Tout se passerait alors, à l'extérieur, comme si la lame du diélectrique était remplacée par un conducteur de résistance r très grande, mais déterminée.

Pour savoir ce qu'il en est, j'ai introduit dans le circuit du condensateur une résistance en graphite R très considérable en valeur absolue (200 à 400 mégohms), quoique très faible par rapport à la résistance r à évaluer. On mesure, à l'aide d'un électromètre capillaire de M. Lippmann, la différence de potentiel iR aux deux extrémités de cette résistance, on en déduit i, puis on calcule r par la formule :

$$(1) \qquad i = \frac{E}{R + r}.$$

La force électromotrice E employée a varié de 1 à 20 éléments Daniell.

L'observation suivante fournit un contrôle précieux des mesures. On sait que les microfarads commerciaux sont formés

de plusieurs condensateurs distincts, que l'on peut associer de manière à former une capacité d'un nombre quelconque de dixièmes de microfarad. Opérons séparément sur l'un de ces condensateurs de capacité électromagnétique c. Soient K la constante diélectrique de mica; S la surface armée; e l'épaisseur du diélectrique; ρ sa résistance spécifique; enfin v le rapport des unités électromagnétiques et électrostatiques. On a

$$(2) \qquad c = \frac{KS}{4\pi e v^2},$$

$$(3) \qquad r = \rho \frac{e}{S};$$

on en tire

$$(4) \qquad cr = \frac{K\rho}{4\pi v^2}.$$

Le second membre de (4) ne contient que des constantes; la résistance r, fournie par la formule (1), doit donc se trouver en raison inverse de la capacité c (bien entendu, au sein d'un même microfarad, pour lequel le constructeur a dû employer des matériaux de même origine).

Voici maintenant le résultat des expériences. L'intensité i du courant, toujours assez considérable au début, diminue rapidement et, au bout de deux heures, par exemple, si l'isolement du circuit est aussi parfait que possible, se réduit à une valeur fort petite, désormais invariable. Avec un microfarad neuf, construit par M. Carpentier, et une force électromotrice de 11 volts environ, on a trouvé, pour la valeur limite de i,

$$i = 1{,}59 . 10^{-11} \text{ ampère.}$$

Alors, l'état permanent étant établi, on a fermé successivement les subdivisions 0,2 — 0,2, — 0,5, de manière à réduire la capacité au dixième de sa valeur initiale. *L'intensité* i *qui, d'après les formules* (1) *et* (4) *devrait se trouver divisée sensiblement par* 10, *demeure invariable à* 1/45 *près de sa valeur,* c'est-à-dire à la limite de précision que comportait, dans ces conditions, l'électromètre que j'ai employé (*). *Le courant*

(*) La même méthode, appliquée à un condensateur mal construit ou hors d'usage, est éminemment propre à révéler les fuites intérieures qui peuvent exister dans les diverses subdivisions de l'appareil.

résiduel i *observé ne peut donc être attribué au passage de l'électricité à travers le diélectrique*, il ne provient que de l'imperfection de l'isolement des diverses parties du circuit et du microfarad lui-même.

Cette expérience est décisive ; puisqu'on peut apprécier, dans les conditions où j'ai opéré, un courant d'intensité $\frac{1{,}59.10^{-11}}{45} = 3{,}5.10^{-13}$ ampère, le courant qui passait d'une manière permanente *à travers le diélectrique* du condensateur formé par les subdivisions 0,2 — 0,2, — 05 (0,9 microfarad), et dont on n'a pu constater l'existence, était certainement inférieur à cette valeur : on en déduit, par la formule (4),

$$K\rho > 3{,}19.10^{20} \text{ ohms.}$$

M. J. Curie (*), dont les expériences sur la résistance des isolants sont d'ailleurs parfaitement d'accord avec les miennes, a trouvé, pour le mica des condensateurs, des valeurs de K comprises entre (4) et (7). Admettons (10), si l'on veut, on aura encore

$$\rho > 3{,}19.10^{19} \text{ ohms;}$$

ce serait la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section et de longueur telle que la lumière mettrait plus de 3.000 ans à se transmettre dans le vide d'une extrémité à l'autre de la colonne.

En résumé, l'on doit admettre qu'à la température ordinaire et pour des différences de potentiel de 1 à 20 volts *une lame mince de mica oppose un obstacle absolu au passage continu de l'électricité à travers son épaisseur.*

Les phénomènes des décharges résiduelles, auquel correspond la courant relativement intense qu'on observe encore après plusieurs minutes de charge, ne paraît pas dépendre d'une pénétration véritable de l'électricité dans le diélectrique, mais plutôt d'un accroissement progressif de la constante diélectrique. Ces phénomènes doivent être rapprochés des variations des courants électriques des solides et du résidu élastique.

(*Comptes rendus*, séance du 21 avril 1890).

(*) J. Curie, *Thèse de doctorat*. Paris, 1888.

BIBLIOGRAPHIE

Leçons sur l'électricité, par Eric GÉRARD.

Nous avons annoncé, dans le numéro de juillet-août, la publication du premier volume des « Leçons sur l'électricité professées à l'Institut électrotechnique de Liège par E. Gérard ». Le tome II, qui vient de paraître à la librairie Gauthier-Villars, complète cet important ouvrage et fournit les renseignements les plus détaillés sur les applications industrielles de l'électricité.

TABLE DES MATIÈRES.

TOME XVII. — ANNÉE 1890.

Numéro de Janvier-Février.

Numéro de Mai-Juin.

TABLE ALPHABÉTIQUE ET SIGNALÉTIQUE
DES MATIÈRES.

TOME XVII. — ANNÉE 1890.

A

B

F

G

H

I

J

L

M

U

V

W

Z

FIN DES TABLES.

a Gu

Gérant : V[e] Dunod. — Impr. C. Marpon et E. Flammarion, rue Racine, 26



FIN DES TABLES.

al gnl

Gérant : V[e] DUNOD. — IMPR. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26



